



Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura e processamento industrial

Ana Rita Barbosa Ferreira

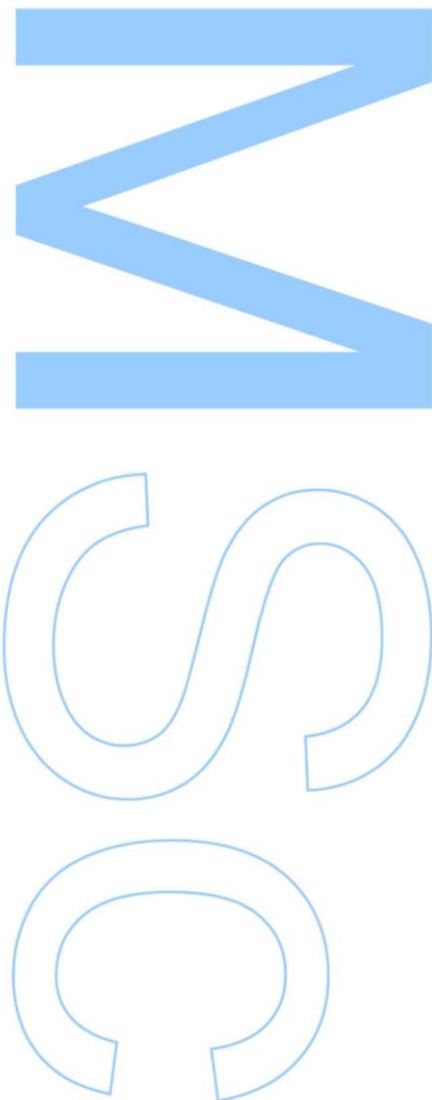
Mestrado em Ciências do Consumo e Nutrição
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2014

Orientador

Prof. Doutor Jorge Oliveira, *Senior Lecturer, University College Cork, Irlanda*

Coorientador

Prof. Doutor Luís Miguel Cunha, *Professor Associado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*



U. PORTO



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO
UNIVERSIDADE DO PORTO

U. PORTO

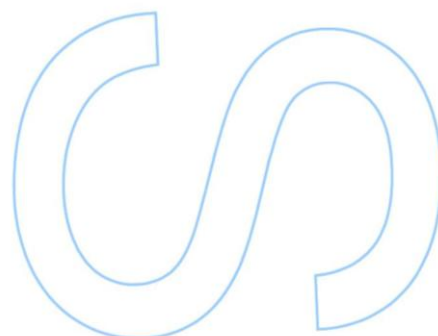
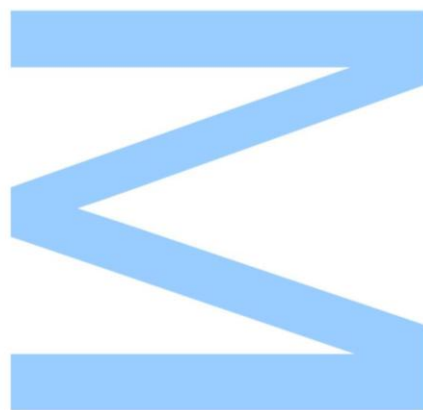


FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Financiamento

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através do projeto Best-Rice-4-Life, RECI/AGR-TEC/0285/2012.

Agradecimentos

Aos meus pais, de quem tanto me orgulho. Pais que sempre me apoiaram, incentivaram e me deram força para encarar e ultrapassar as dificuldades que surgiram ao longo da minha vida académica. Sem eles teria sido impossível chegar até aqui. Sem eles não seria o que sou hoje. Por todo o amor, carinho, amizade e pelo que hoje sou, estar-lhes-ei eternamente grata.

À minha avó, por toda a ajuda prestada e por toda a preocupação e sensibilidade demonstrada para comigo. Por cada telefonema que tornava o meu dia melhor e por tudo o que fez por mim.

Ao meu namorado, pelo carinho, apoio e incentivo, não só ao longo deste último ano, mas desde que iniciei o meu percurso académico. Por aturar o meu mau humor quando os dias eram menos bons e por todas as palavras que me transmitiam mais confiança para iniciar uma nova semana.

A toda a minha família e amigas por me fazerem perceber que eu sou capaz e que “a tempestade não dura para sempre” nos momentos menos bons e, por sorrirem comigo, nos momentos bons.

À Rita, pela amizade, pelos conselhos, por todos os momentos que passámos juntas e por me ter aberto a porta de sua casa. Sem dúvida, uma das melhores pessoas que conheci na minha vida e que jamais esquecerei.

Ao Professor Doutor Luís Cunha e ao Professor Doutor Jorge Oliveira, coorientador e orientador da minha dissertação, respetivamente, por todos os conhecimentos transmitidos, toda a atenção disponibilizada e ajuda prestada.

À Doutora Carla Brites, pela oportunidade de integração no projeto Best-Rice-4-Life, que está e continuará a ser uma experiência muito enriquecedora.

Ao Engenheiro João Simões, à Doutora Fátima Machado e aos colaboradores da Ernesto Morgado, S.A. e da Sensetest, Lda pela forma como me receberam e ajudaram quando precisei.

Resumo

A maioria da produção mundial de arroz, alimento essencial para mais de metade da população mundial, centra-se na planta *Oryza sativa* L.. Existem imensas variedades de arroz, as quais variam em diversos aspetos, nomeadamente, na morfologia do grão, na razão amilose/amilopectina, na qualidade e comportamento do grão na cozedura e processamento industrial, entre outros. O arroz é constituído essencialmente por amido e o seu comportamento na cozedura é o fator mais importante a ter em conta para a sua qualidade, sendo notadas diferenças na expansão do volume, aroma, textura e alongamento do grão cozido.

O presente trabalho está inserido num projeto liderado pelo Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária que, dando seguimento ao seu trabalho anterior de tipificação de variedades autóctones nacionais, procura desenvolver novas variedades de arroz nacional. Embora Portugal seja um produtor Europeu relevante (cerca de 10% do total Europeu) e tenha ainda o maior mercado per capita da Europa, todo o arroz produzido no país utiliza sementes importadas. Consequentemente, o interesse de desenvolver variedades nacionais e em particular com adaptação às condições de cultura e de mercado, é óbvio. Dentro deste projeto, a empresa Ernesto Morgado, S.A. lidera o estudo do comportamento destas novas variedades para fins de utilização industrial, incluindo a conservação do arroz cozido. O presente trabalho constitui a primeira abordagem efetuada sobre este assunto.

Como tal, o primeiro objetivo do trabalho consistiu em definir os parâmetros mais representativos da qualidade do arroz cozinhado (tal-qual e após diferentes processos de conservação de interesse industrial). A constituição deste espaço multidimensional da qualidade implicou a análise de um grande número de variedades comerciais, de modo a definir os extremos desse espaço. Foi avaliado o comportamento de 7 variedades comerciais e 4 novas desenvolvidas pelo INIAV. Para além da cozedura, efetuada quer de acordo com métodos padrão, quer com o tempo e proporção arroz:água mais apropriados a cada variedade (cozedura ajustada à qualidade final), foram seguidamente estudados diferentes métodos de conservação: refrigeração, congelação, pasteurização, esterilização e secagem. O espaço de qualidade foi caracterizado com 3 grupos de parâmetros: absorção da água (3 parâmetros), textura (25 parâmetros obtidos com Análise de Perfil de Textura) e análise sensorial (8 parâmetros).

O primeiro objetivo do trabalho consistiu em seleccionar de todos estes parâmetros, os mais representativos, pela sua capacidade de distinguir diferenças entre variedades e processos de conservação. Foi concluído que o Water Binding

Index, o Water absorption Index, a Dureza, a Elasticidade e a Aderência são os parâmetros instrumentais mais relevantes para este fim, sendo os sensoriais escolhidos a coesividade, a dureza ao trincar, o comportamento ao mastigar, o alongamento dos grãos e a apreciação global.

O arroz do tipo *Japonica* é mais indicado para a obtenção de arroz do tipo culinário “malandro” (um estilo de cozedura comparável ao risotto e à paella), pois proporciona uma maior absorção dos sabores em comparação com o arroz *Indica*. Este último é mais apropriado para receitas em que se pretenda obter um arroz seco e solto, adquirindo uma maior dureza durante a cozedura. O arroz Agulha Europeu apresentou maiores semelhanças com o arroz Carolino do que com o *Indica* puro (Guiana), o que se explica por ser de facto um híbrido *Indica/Japonica*. De entre as variedades novas, a OP 1001 destacou-se como sendo mais parecida, em diversos parâmetros, com o Agulha Europeu. Em geral, as restantes variedades novas não apresentaram comportamentos semelhantes a nenhuma das variedades comerciais.

Consequentemente, a variedade OP1001 é muito promissora, podendo esperar-se dela uma qualidade semelhante à do híbrido Agulha Europeu, enquanto as outras três foram demasiado diferentes de qualquer outra comercial, não parecendo portanto trazer grandes vantagens.

Palavras-Chave: arroz, variedades, cozedura, conservação, textura, propriedades sensoriais

Abstract

Most of the world's rice production utilizes the *Oryza sativa* L. plant, of which there are many varieties that differ in several aspects, namely, the morphology of the grain, the amylose / amylopectin ratio, the quality and behaviour of the grain in cooking and industrial processing, among others. Rice consists essentially of starch and its behaviour in cooking is the most important factor to take into account for its quality, with differences in volume expansion, firmness, aroma, softness and elongation of cooked grain being observed.

This work is part of a research project led by the Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), following from their previous work on the characterisation of indigenous Portuguese rice cultivars, which is now seeking to develop new varieties of Portuguese rice. Although Portugal is a relevant European producer (around 10% of the European total production) and, by far, the main consumer market per capita, all rice grown in Portugal comes from foreign seeds. Therefore, the interest in developing national varieties adapted to the country's growing conditions and market preferences is rather obvious. Within this project, the Ernesto Morgado, S.A. company leads the study of the behaviour of the new varieties for industrial uses, including the preservation of cooked rice. This work constitutes the first approach to this topic.

Therefore, the first objective of the work consisted in the selection of the most representative parameters of quality of cooked rice (just-cooked and after different preservation processes). The characterisation of this multidimensional quality space implied the analysis of behaviour of a large number of commercial varieties of very different types of rice in order to define the extremes of the scales. The behaviour of 7 commercial varieties and 4 new ones selected by INIAV was studied.

In addition to cooking (performed both with standard conditions for all varieties, and with cooking time and water-rice ratio adapted to the requirements of each in order to obtain a similar end product), the subsequent preservation processes studied were chilling, freezing, pasteurisation, sterilisation and drying. The quality space was defined along 3 groups of parameters: water absorption (3 parameters measured), texture (25 parameters measured with a Texture Profile Analysis) and sensory analysis (8 parameters assessed)

The first goal was to select from among all these parameters those that were more representative, because of their capacity to differentiate between varieties and processes. It was concluded that Water Binding Index, Water Absorption Index, Hardness, Springiness and Adhesiveness were the most relevant instrumental

parameters, whereas cohesiveness, hardness on biting, chewing tenderness, grain elongation and overall assessment were chosen for sensory analysis.

The rice of the *Japonica* type is more suitable for obtaining “malandro” rice (a cooking style comparable to risotto and paella), and provides greater absorption of flavours compared to *Indica* rice. The latter is more suitable for recipes where one wishes to obtain a dry and loose rice, more resistant to chewing. The so-called European long grain rice showed many similarities with Carolino rice (*Japonica*), clearly different from the pure *Indica* (Guiana), which is explained by the fact that it is in fact a hybrid *Indica/Japonica*. Among the new varieties, OP 1001 stood out as being more similar, in many aspects, to the European hybrid. In general, the other new varieties were not similar to any of the commercial varieties.

Consequently, the OP1001 variety is very promising, and from it can be expected to obtain a rice similar to the commercial European long grain hybrid. The other three varieties were too different from any commercial variety and therefore appear to have little advantages.

Key words: rice, varieties, cooking, conservation, texture, sensory properties

Índice

Financiamento	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Tabelas	xiii
Índice de Figuras	xix
Lista de Abreviaturas	xxviii
I. Introdução	1
II. Enquadramento teórico	5
1. O arroz	5
1.1. A planta	5
1.2. Constituição do grão	6
1.3. Processamento	7
1.4. Características nutricionais	11
1.5. Variedades	13
1.6. Consumo e produção	17
2. O amido	19
2.1. Constituição	19
2.2. Amilose e amilopectina	20

2.3. Gelatinização e retrogradação	21
3. Cozedura do arroz	22
4. Refeições pré-preparadas à base de arroz	23
5. Processos de conservação	25
5.1. Refrigeração.....	26
5.2. Congelação.....	26
5.3. Esterilização.....	27
5.4. Pasteurização	29
5.5. Secagem.....	30
6. Fatores que afetam a qualidade do arroz	31
7. Absorção da água	32
8. Textura.....	33
9. Análise sensorial	38
9.1. Análise sensorial descritiva	43
III. Material e Métodos	46
1. Local	46
2. Amostras.....	46
3. Absorção da água	48
3.1. Teste 1 – Absorção de água do amido nativo.....	49
3.2. Teste 2 – Absorção de água com gelatinização	50
3.3. Teste 3 – Absorção de água na cozedura	51
4. Processos de cozedura.....	52
5. Métodos de conservação	54
5.1. Refrigeração e Congelação.....	54
5.2. Pasteurização	55

5.3.	Esterilização.....	56
5.4.	Secagem.....	57
7.	Análise sensorial.....	60
7.1.	Análise sensorial realizada na empresa Ernesto Morgado, S.A.	60
7.2.	Análise sensorial realizada na empresa Sense Test, Lda	62
8.	Análise estatística	66
IV.	Resultados e discussão	67
1.	Absorção da água	67
1.1.	Escolha dos parâmetros a analisar	68
1.2.	Análise do comportamento das variedades.....	70
2.	Textura.....	73
2.1.	Análise global da textura	74
2.2.	Diferenças entre as variedades de arroz, independentemente do processo de cozedura/conservação.....	95
2.2.1.	Diferenças entre os processos de cozedura/conservação, independentemente da variedade de arroz.....	100
2.2.2.	Diferenças existentes entre as variedades de arroz, ao nível dos parâmetros de textura “Dureza”, “Aderência” e “Elasticidade”, para cada processo de cozedura/conservação.....	102
3.	Análise sensorial realizada na empresa Ernesto Morgado, S.A.....	122
3.1.	Diferenças entre variedades, independentemente do processo de cozedura/conservação, para cada atributo sensorial	123
3.2.	Diferenças existentes entre as variedades de arroz, para cada processo de cozedura/conservação, independentemente do atributo sensorial	127
4.	Análise sensorial realizada na empresa Sense Test, Lda.....	131
V.	Conclusões	136

VI. Referências bibliográficas	140
VII. Anexos.....	150
Anexo I – Modelo interno de avaliação organolética do arroz cozido.....	150
Anexo II – Ficha de avaliação sensorial do arroz, utilizada para a análise descritiva.	152
Anexo III – Ficha da prova de ordenação por preferência.	153
Anexo IV – Análise dos resultados dos testes de absorção da água.	154
Anexo V – Análise dos resultados referentes à textura.....	166
Anexo VI – Diferenças estatisticamente significativas entre os processos, independentemente da variedade de arroz, para os parâmetros de textura.	182
Anexo VII – Gráficos Elasticidade versus Aderência e gráficos Dureza versus Elasticidade.....	189
Anexo VIII – Análise dos resultados referentes à análise sensorial.	221

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Composição e características nutricionais do arroz branqueado cozido.....	12
Tabela 2 - Exemplos de produtos pasteurizados adequadamente.....	30
Tabela 3 - Valores mínimos de aW para o desenvolvimento de alguns grupos de microrganismos.	31
Tabela 4 – Definições e unidades S.I. dos diversos parâmetros texturais.	36
Tabela 5 - Variedades, processos e parâmetros estudados.	65
Tabela 6 – Coeficientes de determinação de modelos lineares e polinomiais de correlação, entre os três parâmetros de absorção de água.	69
Tabela 7 – Grupos homogêneos de Tukey HSD de variedades segundo os resultados do teste de absorção de água WCAI.	72
Tabela 8 – Estatística descritiva das 25 variáveis iniciais, para o total das medições.....	75
Tabela 9 – Análise de Componentes Principais - Matriz rodada de componentes.....	78
Tabela 10 – Teste de Levene aplicado para testar a homogeneidade das variâncias dos três parâmetros de textura selecionados, quando o fator é a variedade do arroz.	95

Tabela 11 – Sumário do teste ANOVA para comparação dos 11 grupos de variedades de arroz, segundo cada parâmetro de textura.	96
Tabela 12 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à dureza.	97
Tabela 13 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à aderência.	98
Tabela 14 – Grupos homogêneos de variedades de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à elasticidade.	99
Tabela 15 - Teste de Levene aplicado para testar a homogeneidade das variâncias dos três parâmetros de textura selecionados, quando o fator é o processo de cozedura/conservação.	100
Tabela 16 - Sumário do teste ANOVA para comparação dos 11 grupos de processos de cozedura/conservação de arroz, segundo cada parâmetro de textura.	101
Tabela 17 – Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV, de acordo com os três parâmetros texturais selecionados e para os diferentes processos de cozedura e de conservação.	118
Tabela 18 – Teste de Levene para testar homogeneidade de variâncias entre as variedades, para cada atributo sensorial.	123
Tabela 19 – Tabela de frequências relativa ao atributo sensorial “Aparência”.	124

Tabela 20 – Sumário do teste ANOVA para comparação dos 11 grupos de variedades de arroz.....	124
Tabela 21 - Tabela de frequências relativa ao "Sabor" e ao "Aroma".	126
Tabela 22 – Teste de Levene para testar homogeneidade de variâncias entre as variedades, para cada processo de cozedura/conservação.....	128
Tabela 23 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV, de acordo com a análise sensorial efetuada e para cada um dos diferentes processos de cozedura e de conservação.	129
Tabela 24 - Estatísticas descritivas relativas à avaliação sensorial do arroz (E – esterilizado; R – refrigerado).	133
Tabela 25 - Estatísticas descritivas relativas à prova de ordenação por preferência (E – esterilizado; R – refrigerado).....	134
Tabela 26 - Tabela de classificação do arroz cozido.....	150
Tabela 27 – Estatísticas descritivas referentes ao teste de absorção de água WBI.....	156
Tabela 28 – Estatísticas descritivas referentes ao teste de absorção de água WAI.....	157
Tabela 29 – Estatísticas descritivas referentes ao teste de absorção de água WCAI.....	158
Tabela 30 – Teste de Homogeneidade de Variâncias para os diferentes testes de absorção de água (WBI, WAI e WCAI).....	159

Tabela 31 – Teste ANOVA para os testes de absorção de água WBI, WAI e WCAI.....	159
Tabela 32 – Grupos homogêneos de variedades segundo os resultados do teste de absorção de água WBI.	160
Tabela 33 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz em relação ao teste de absorção de água WAI – Teste de comparações múltiplas de Games-Howell.....	161
Tabela 34 – Comunalidades entre os parâmetros de textura analisados.....	166
Tabela 35 – Total da variância explicada relativamente aos parâmetros texturais.....	167
Tabela 36 – Análise da confiabilidade dos quatro componentes extraídos....	168
Tabela 37 – Correlações entre os parâmetros de textura: Dureza, Força adesiva, Dureza 2º ciclo, Área 1 e Área -1.....	169
Tabela 38 – Correlações entre os parâmetros de textura: Tempo dureza, Tempo força adesiva, Razão força adesiva/dureza.	170
Tabela 39 – Correlações entre os parâmetros de textura: Razão dureza 2º ciclo/dureza, Razão área -1/área 1, Módulo de elasticidade aparente.....	171
Tabela 40 – Correlações entre os parâmetros de textura: Aderência, Elasticidade, Coesividade.	172
Tabela 41 – Correlações entre os parâmetros de textura: Mastigabilidade, Área ciclo 1, Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza.	173

Tabela 42 – Correlações entre os parâmetros de textura: Energia recuperada do segundo ciclo, Gomosidade, Índice de comportamento tipo borracha.	174
Tabela 43 – Correlações entre os parâmetros de textura: Índice de comportamento elástico, Área ciclo 2, Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza.	175
Tabela 44 – Correlações entre os parâmetros de textura: Energia recuperada do primeiro ciclo, Força média.	176
Tabela 45 – Tabela dos desvios-padrão normalizados pelas médias referentes a cada parâmetro de textura.	177
Tabela 46 – Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, independentemente do processo, para o parâmetro “Elasticidade”.	178
Tabela 47 - Diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação de arroz para o parâmetro de textura dureza.	182
Tabela 48 - Diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à aderência.....	185
Tabela 49 - Diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à elasticidade.....	186
Tabela 50 – Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente à coesividade.....	221

Tabela 51 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente à dureza ao trincar.	222
Tabela 52 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente ao comportamento ao mastigar.	223
Tabela 53 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente ao alongamento dos grãos.	224
Tabela 54 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente à apreciação global.	225

Índice de Figuras

Figura 1 - Planta do arroz.....	6
Figura 2 – Estrutura do grão de arroz.....	7
Figura 3 - Da esq. para a dir.: arroz em casca ou <i>paddy</i> ; arroz em película ou integral; arroz branqueado.	10
Figura 4 – Arroz carolino, da subespécie <i>Japonica</i> (à esq.) e arroz agulha, da subespécie <i>Indica</i> (à dir.).	14
Figura 5 - Arroz agulha branqueado (esq.) e arroz agulha vaporizado (dir.). ...	17
Figura 6 – Área de arroz em Portugal por tipo de arroz (ha).	18
Figura 7 - A) Estrutura da amilose. B) Estrutura da amilopectina.....	21
Figura 8 - Texturograma típico de um gel.....	35
Figura 9 – Exemplo de laboratório de análise sensorial.	42
Figura 10 – A) Carolino Ariete; B) Agulha Guiana; C) Agulha vaporizado; D) Basmati.	47
Figura 11 – Amostra de arroz a escorrer.....	49
Figura 12 – Amostra sob agitação.....	49
Figura 13 – Balança analítica.	53
Figura 14 – Fogão de indução.....	53
Figura 15 - Verificação do estado da cozedura de uma amostra de arroz.	54

Figura 16 - Amostra que vai ser colocada a refrigerar ou congelar.....	55
Figura 17 - Amostras prontas a esterilizar.....	57
Figura 18 - Secador.....	58
Figura 19 - Medidor da atividade da água (aW).	58
Figura 20 - Texturómetro.....	59
Figura 21 - Curva de TPA de uma amostra de arroz.....	60
Figura 22 - Amostras prontas a servir ao provador.	63
Figura 23 - Percentagem das somas quadráticas de uma análise de variância dos dados de WCAI explicadas pelos valores de WAI e WBI.	69
Figura 24 – WAI e WBI das onze variedades testadas.	70
Figura 25 – Gráfico “Scree Plot” da análise de componentes principais dos 25 parâmetros de textura.	76
Figura 26 – Percentagem das somas quadráticas da Análise de variância da aderência explicadas pela diferenças entre variedades e entre tratamentos. .	80
Figura 27 – Percentagem das somas quadráticas da Análise de variância da elasticidade explicadas pela diferenças entre variedades e entre tratamentos.	80
Figura 28 – Percentagem das somas quadráticas da Análise de variância da dureza explicadas pela diferenças entre variedades e entre tratamentos.....	81

Figura 29 – Resultados de aderência, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	82
Figura 30 – Resultados de aderência, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	84
Figura 31 – Resultados de aderência, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	85
Figura 32 – Resultados de elasticidade, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	86
Figura 33 – Resultados de elasticidade, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	87
Figura 34 - Resultados de elasticidade, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	88
Figura 35 – Resultados de dureza, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	89
Figura 36 - Resultados de dureza, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	91
Figura 37 – Resultados de dureza, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.	92
Figura 38 – Comparação da elasticidade e da dureza entre as amostras esterilizadas em estudo e as amostras esterilizadas no âmbito da produção de refeições pré-preparadas comercializadas com a marca Pato Real Minuto.	93

Figura 39 – Comparação da elasticidade e da dureza entre as amostras esterilizadas em estudo e as amostras esterilizadas no âmbito da produção de refeições pré-preparadas comercializadas com a marca Pato Real Minuto.....	94
Figura 40 - Elasticidade e dureza das diferentes variedades após cozedura ajustada à qualidade final.....	103
Figura 41 – Aderência e elasticidade das diferentes variedades após cozedura ajustada à qualidade final.....	104
Figura 42 - Efeito da cozedura padrão comparada com a ajustada nos parâmetros de textura elasticidade e dureza.....	105
Figura 43 - Efeito da cozedura padrão comparada com a ajustada nos parâmetros de textura aderência e elasticidade.....	106
Figura 44 - Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras refrigeradas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).	107
Figura 45 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras refrigeradas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).	108
Figura 46 - Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras congeladas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).	109

Figura 47 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras congeladas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).	110
Figura 48- Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras pasteurizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.....	111
Figura 49 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras pasteurizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.....	112
Figura 50- Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras esterilizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.....	113
Figura 51 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras esterilizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.....	114
Figura 52 - Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras secas e rehidratadas, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.....	115
Figura 53 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras secas e rehidratadas, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.....	116

Figura 54- Análise Fatorial Múltipla relativa à prova de QDA e de Preferência.	132
Figura 55 - Análise Fatorial Múltipla - gráfico representativo das duas dimensões.	135
Figura 56 – Gráfico Water Binding Index versus Water Absorption Index.	154
Figura 57 – Gráfico Water Absorption Index versus Water Cooking Absorption Index.	154
Figura 58 – Gráfico Water Cooking Absorption Index versus Water Binding Index.	155
Figura 59 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Guiana.	189
Figura 60 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Europeu.	190
Figura 61 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carolino Ariete.	191
Figura 62 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Basmati.	192
Figura 63 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Vaporizado.	193
Figura 64 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carnaroli.	194

Figura 65 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Thai jasmim.....	195
Figura 66 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1109.....	196
Figura 67 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1203.....	197
Figura 68 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1001.....	198
Figura 69 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1212.....	199
Figura 70 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Guiana.....	200
Figura 71 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Europeu.....	201
Figura 72 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carolino.....	202
Figura 73 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Basmati.....	203
Figura 74 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha vaporizado.....	204

Figura 75 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carnaroli.....	205
Figura 76 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Thai jasmim.	206
Figura 77 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1109.	207
Figura 78 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1203.	208
Figura 79 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1001.	209
Figura 80 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1212.	210
Figura 81 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz agulha (Guiana) e arroz Carolino (Ariete).	211
Figura 82 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz agulha (Guiana) e arroz Carolino (Ariete).	212
Figura 83 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz agulha (Guiana) e arroz agulha vaporizado.	213
Figura 84 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz agulha (Guiana) e arroz agulha vaporizado.	214

Figura 85 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz Carolino (Ariete) e arroz agulha vaporizado.	215
Figura 86 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz Carolino (Ariete) e arroz agulha vaporizado.	216
Figura 87 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz Carolino (Ariete) e arroz OP 1001.	217
Figura 88 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz Carolino (Ariete) e arroz OP 1001.	218
Figura 89 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz agulha vaporizado e arroz OP 1212.....	219
Figura 90 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz agulha vaporizado e arroz OP 1212.....	220

Lista de Abreviaturas

AC – Teor de Amilose

ACP – Análise de Componentes Principais

BLC – Comprimento da cadeia ramificada

CFG – Consistência do gel

DDR – Dose diária recomendada

DL – Decreto-Lei

g – gramas

GT – Temperatura de Gelatinização

ha – hectares

IC – Intervalo de Confiança

INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

kg – quilogramas

ml – mililitros

QDA® – Análise Descritiva Quantitativa

seg – segundos

SPSS – Statistical Package for Social Sciences

ton – toneladas

TPA – Análise de Perfil de Textura

WAI – Índice de absorção da água

WBI – Índice de ligação da água

WCAI – Índice de absorção de água na cozedura

I. Introdução

O arroz é um cereal constituído principalmente por amido, sendo um alimento básico para mais de metade da população mundial (Bashir, Khan et al. 2007; Amarawathi, Singh et al. 2008; Chandi and Sogi 2008). Nos últimos anos, a criação de arroz de qualidade tem assumido grande importância e a aceitação de uma variedade depende principalmente da sua qualidade culinária (Chen and Zhu 1999).

A indústria do arroz tem reunido esforços para melhorar a qualidade dos grãos de arroz. A sua qualidade passa pelas propriedades de cozedura e sensoriais. O alongamento dos grãos, a expansão do volume, bem como a absorção de água, constituem características a ter em conta na determinação da qualidade do arroz cozido (Ge, Xing et al. 2005).

Existem muitas variedades de arroz, as quais variam em diversos aspetos, nomeadamente, na morfologia, qualidade e comportamento do grão, na razão amilose/amilopectina, entre outros. Na cozedura e no processamento industrial, de que é exemplo a produção de refeições pré-preparadas, as diversas variedades de arroz apresentam comportamentos e características diferentes (Allahgholipour, Ali et al. 2006; Amarawathi, Singh et al. 2008; Wani, Singh et al. 2012).

O arroz é maioritariamente consumido como grãos inteiros cozidos e, consequentemente, a textura é uma questão de enorme relevância. Trata-se de um atributo essencial na aceitação de alimentos por parte dos consumidores e, deste modo, revela-se de máxima importância na avaliação da qualidade do produto (Gonzalez, Livore et al. 2004). Vários estudos têm demonstrado que o amido pode influenciar a textura e a retenção de água de determinados alimentos (Denardin and da Silva 2009).

As propriedades sensoriais características do arroz cozido dependem da preferência e gosto individual, da variedade do arroz, das suas propriedades físico-químicas, da capacidade de absorção dos sabores, dos métodos de cozedura e conservação, bem como, das condições de armazenamento (Srisawas and Jindal 2007).

O presente trabalho insere-se no projeto BEST RICE-4-LIFE, o qual tem como objetivo seguir toda a cadeia desde a produção, armazenamento, descasque e processamento (doméstico e industrial), com o intuito de identificar e desenvolver as

variedades mais promissoras para as diferentes utilizações possíveis para o arroz nacional.

O principal objetivo do presente trabalho era caracterizar a qualidade de novas variedades de arroz cozinhado do ponto de vista industrial. Pretendia-se definir se algumas das novas variedades seriam melhores ou piores para diferentes fins industriais, tendo em vista produtos pré-cozinhados e prontos a comer. Para analisar diferenças entre estas variedades foi necessário definir, primeiramente, um espaço multidimensional para essa qualidade com base na variabilidade de comportamentos dos diferentes tipos de arroz, tendo em conta que não existe um critério único para a qualidade de arroz cozinhado. Existem diferentes características sensoriais, como o aspeto, a textura e o sabor, que devem ser consideradas. A definição de “bom” e “mau” em muitos casos depende ainda do cozinhado ou receita pretendida. Por exemplo, existem receitas em que se pretende que o arroz seja cremoso, com bastante goma e grão mole e outras receitas em que se pretende um arroz mais duro e solto.

Para este estudo foram considerados três aspetos de medições de qualidade como suficientes:

1. A absorção de água (que se relaciona com a capacidade de absorver os sabores do preparado culinário);
2. A medição instrumental de textura (que se relaciona com a sensação de mastigação, bem como com o aspeto cremoso, solto ou empapado);
3. A análise sensorial (incluindo aspeto, aroma e sabor).

A primeira fase do trabalho consistiu em escolher um número limitado mas suficiente de parâmetros que caracterizassem a qualidade do arroz cozinhado. Do ponto de vista industrial, o arroz cozinhado tem de ser conservado, o que pode ser feito de diferentes formas. Consequentemente, o trabalho envolveu não só diferentes variedades, mas também para cada variedade, diferentes métodos de conservação. Para além das variedades de interesse para o projeto, desenvolvidas no INIAV, era ainda importante testar um grande leque de diferentes tipos de arroz de modo a estabelecer pontos de comparação representativos dessa diversidade orizícola.

Dado que um estudo aprofundado deste tipo, comparando uma grande diversidade de tipos de arroz processados de formas diversas e caracterizados com

um grande número de parâmetros de qualidade, não foi ainda reportado em literatura, o trabalho possuiu três elementos inovadores:

1. A definição de um espaço multidimensional de qualidade, composto por indicadores da mesma, como a absorção de água, a textura e as propriedades sensoriais. Os indicadores de qualidade selecionados devem ser altamente ortogonais, isto é, que não se correlacionem bem entre si e revelem, consequentemente, aspetos diferentes da qualidade do produto. Para além disso, os indicadores devem distinguir o mais possível, quer entre variedades diferentes, quer entre tratamentos diferentes. E, por fim, devem ser reproduzíveis, existindo um mínimo erro entre réplicas.
2. Neste espaço multidimensional, a análise das diferenças entre diversos tipos de arroz cozinhado e conservado de formas diferentes, nomeadamente, por simples refrigeração após cozedura, pasteurização seguida de refrigeração, congelação após cozedura, secagem (desidratação seguida de reconstituição pré-consumo) e esterilização térmica. No caso de processamentos térmicos, diferentes tempos de pré-cozedura foram considerados.
3. A comparação entre o comportamento de cozedura e de conservação das novas variedades e dos tipos de arroz já existentes.

Assim, pretendia-se perceber como se comportam as diferentes variedades de arroz perante diferentes processos de cozedura, quais as variedades mais adequadas a determinadas receitas, nomeadamente a receitas em que se pretenda um arroz seco e solto e em receitas onde se pretenda um arroz “malandro” e, quais as que mais se apropriam para arroz que sofrerá posteriormente um determinado processo de conservação.

O estudo realizou-se na empresa Ernesto Morgado S.A., uma empresa familiar e a mais antiga indústria de arroz em Portugal, fundada em 1920 e localizada no Vale do Mondego, em Alqueidão, próximo da Figueira da Foz. A empresa caracteriza-se por possuir uma das fábricas mais avançadas em termos tecnológicos e por apostar na inovação, tendo produção própria, com a marca Pato Real, para além de produzir para marcas de distribuidor. Trata-se da única empresa do país que possui uma unidade de segunda transformação. A Ernesto Morgado S.A. realiza o descasque, branqueamento e o embalamento do arroz, tendo uma capacidade de produção de 40000 ton/ano de

arroz branqueado, para além de produzir refeições prontas a comer (Portugal 2009; Ernesto Morgado 2013).

O estudo para determinar a aceitabilidade a nível sensorial de variedades de arroz cozinhado será útil para categorizar as variedades de arroz, com base no seu impacto sobre a qualidade sensorial.

II. Enquadramento teórico

1. O arroz

O arroz, cujo nome científico é *Oryza sativa* L., constitui um alimento básico para a população mundial (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003). O arroz terá sido descoberto, há cerca de 5000 anos, no sudoeste asiático. Na Europa, a cultura deste cereal só foi verdadeiramente implantada no século VII. Em Portugal, as primeiras referências escritas ao arroz só surgiram no reinado de D. Dinis (1279-1325). A produção de arroz em Portugal foi incentivada no reinado de D. José, no século XVIII, mas a definitiva expansão desta cultura ocorreu apenas em 1909, começando a cultivar-se diferentes variedades de arroz. O arroz assumiu um papel importante na alimentação dos portugueses a partir de 1921 (Brites, Guerreiro et al. 2004). Em muitos países, este cereal tem valores culturais e religiosos importantes. A produção de arroz suficiente e sustentável é, portanto, crucial para a segurança alimentar mundial (Erllich 2004; Asano, Takashi et al. 2007; Sthapit, Rana et al. 2008).

1.1. A planta

A cultura do arroz denomina-se de orizicultura (Brites, Guerreiro et al. 2004). A planta do arroz é uma planta monocotiledónea, pertencente à família das gramíneas, e semiaquática, crescendo geralmente em condições alagadas (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Tran, Suzuki et al. 2005; Ahn, Kim et al. 2010; Liu, Cai et al. 2012; Boluda-Aguilar, Taboada-Rodriguez et al. 2013). Trata-se de uma planta anual, que cresce 80 a 120 cm (Cirillo, Del Gaudio et al. 2009). Na Figura 1 é possível visualizar-se a planta do arroz.



Figura 1 - Planta do arroz.

Fonte: http://www.emorgado.pt/Em_2013_PT_.pdf

1.2. Constituição do grão

O grão de arroz é constituído pelo núcleo ou cariopse e pela casca. O núcleo do arroz é formado pelo pericarpo, embrião e endosperma, sendo que o último é rico em grânulos de amido e é envolvido pelo pericarpo. Na Figura 2 é possível visualizar-se a estrutura do grão de arroz. A testa ou tegumento, presente debaixo do pericarpo e que envolve o embrião, é permeável à água e impermeável aos sais dissolvidos, sendo de grande importância para a germinação. A camada de aleurona contém células livres de amido. O pericarpo, a testa e a camada de aleurona constituem o farelo. Este, também denominado de sêmea, é removido com o intuito de melhorar a sua aceitação por parte do consumidor, uma vez que o farelo impede o inchaço dos grânulos de amido durante a cozedura. No entanto, a sua remoção provoca uma diminuição do valor nutricional (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Nakayama 2005; Mohan, Malleshi et al. 2010).

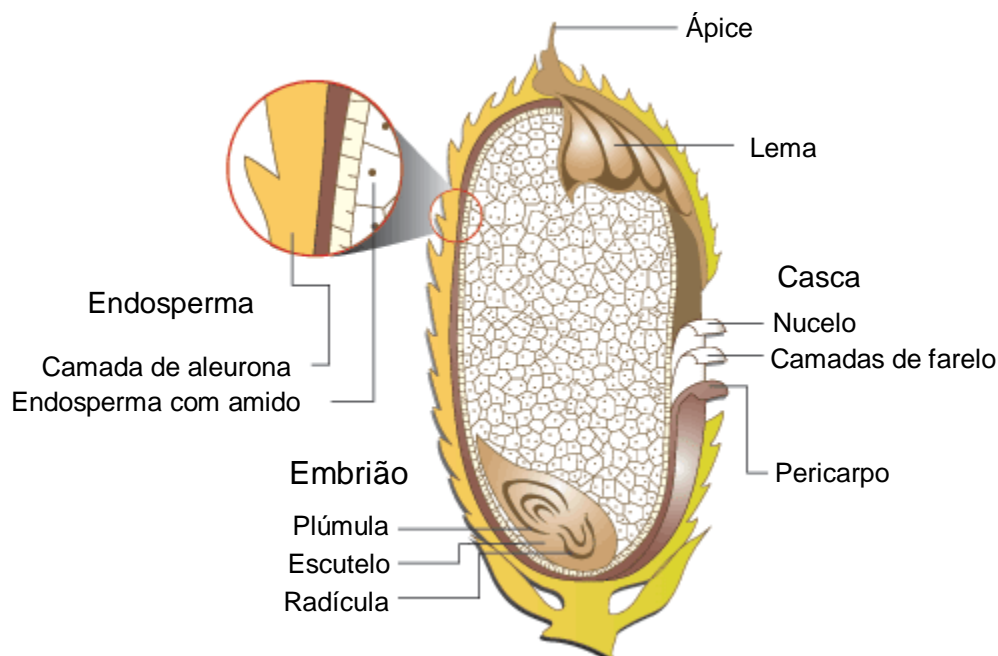


Figura 2 – Estrutura do grão de arroz.

Fonte: Adaptado de (BERNAS s.a.)

1.3. Processamento

Relativamente ao estado físico do arroz, o Decreto-lei (DL) nº 62/2000 define quatro categorias: arroz em casca, arroz descascado, em película ou meio preparo, arroz semibranqueado e arroz branqueado. O arroz em casca, também denominado *paddy*, é envolvido pela casca após a debulha. Ao arroz descascado apenas foi removida a casca. Ao arroz semibranqueado foi removida a casca, uma parte do embrião e todas ou parte das camadas externas do pericarpo, mas não as camadas internas. Quando ao arroz já tiver sido removida a casca, a totalidade das camadas exteriores e interiores do pericarpo, a totalidade do embrião no caso do arroz de grãos longos e de grãos médios, ou pelo menos uma parte no caso do arroz de grãos redondos, referimo-nos ao arroz branqueado. É importante referir que, no máximo, podem subsistir estrias brancas longitudinais em 10% dos grãos, no caso do arroz branqueado (Ministério Agricultura 2000).

A evolução da maturação do arroz, influenciada pela variedade do mesmo, condições climáticas e de solo, fertilização, entre outros, é acompanhada pelos orizicultores. Em Portugal estes procedem à colheita do arroz quando o teor de humidade das panículas se situa entre os 18% e os 22%, ocorrendo geralmente nas

últimas três semanas e na primeira semana de Setembro e Outubro, respetivamente. A colheita inicia-se a Norte do país e vai seguindo para Sul, uma vez que o arroz matura mais cedo quanto mais a Norte (IGP 2011).

O arroz, tal como outros cereais, é colhido com os grãos cobertos, ou seja, com casca, sendo esta colheita realizada recorrendo a ceifeiras debulhadoras (Lamberts, De Bie et al. 2007; IGP 2011; Buggenhout, Brijs et al. 2013). Normalmente, depois da colheita dos grãos de arroz, estes são secos para que haja uma redução do teor de humidade para um valor igual ou inferior a 13% e, conseqüentemente, uma supressão da respiração, assim como, um impedimento do crescimento e multiplicação de microrganismos. A secagem pode ser ao natural ou recorrendo a ar quente (Liu, Waters et al. 2013). Normalmente, antes da secagem, realiza-se uma pré-limpeza com o objetivo de retirar palhas, cariopses defeituosas e sementes de infestantes. Depois da secagem, o arroz sofre novamente uma limpeza para uma melhor remoção de impurezas. O arroz pode ser transportado para a indústria já seco ou como arroz verde (IGP 2011).

Na chegada à indústria é realizada uma pesagem do arroz e respetivo registo de todos os dados relativos ao mesmo, sendo também realizadas análises à humidade, ao comprimento dos grãos, aos grãos danificados, despontados, verdes, vermelhos, amarelos, fendidos, deformados, trincas, impurezas, entre outras. Geralmente, o armazenamento é feito em silos ou tulhas, com ventilação, para que a humidade e temperatura adequadas estejam garantidas. Neste caso, temperatura baixa e estável para não haver fermentação ou ataques de pragas. Antes de ser armazenado, o arroz sofre uma etapa denominada, expurga, que tem como objetivo eliminar pragas, nomeadamente, de gorgulho. O gorgulho é um inseto que coloca larvas nos grãos de arroz. Assim, a expurga evita que as larvas cresçam durante o armazenamento. Também antes do armazenamento existe uma etapa de extração de pedras e outros corpos estranhos realizada numa despedradora (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; IGP 2011). Durante o armazenamento do arroz podem ocorrer determinadas alterações fisiológicas e físico-químicas que irão afetar a qualidade do mesmo (Zhou, Robards et al. 2002). Uma vez armazenado fica a aguardar a entrada direta no processo de transformação (IGP 2011).

O descasque do arroz permite separar a casca do arroz, obtendo-se arroz em película ou integral (IGP 2011; Buggenhout, Brijs et al. 2013). Posteriormente, e como

acontece na maioria das vezes, o arroz pode ser convertido em arroz branco, através de um processo denominado branqueamento. O branqueamento envolve a remoção do farelo e do embrião do endosperma subjacente, por meio da aplicação de forças de atrito ou fricção (Buggenhout, Brijs et al. 2013). O arroz passa pelos branqueadores que, possuindo no seu interior pedras de esmeril, permitem separar a película e as camadas adjacentes, através da fricção que ocorre entre o grão e as pedras. Em seguida, passa pelos polidores que terminam de branquear e polir o grão (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; IGP 2011).

O arroz de cor acastanhada, ao qual não foi retirado a sêmea ou farelo, chama-se arroz integral ou em película. Devido a estas características trata-se de um arroz que precisa de um maior tempo de cozedura. No entanto, como a sêmea (nome comum da película) é rica em nutrientes, sobretudo vitaminas lipossolúveis e fibras, apresenta um valor nutricional superior. Para além disso, o índice glicémico (IG) é mais baixo, ou seja, é de digestão menos fácil e portanto mais apropriado a regimes dietéticos (Zhou, Robards et al. 2002; Brites, Guerreiro et al. 2004; Buggenhout, Brijs et al. 2013).

O branqueamento é uma etapa muito importante uma vez que se pretende atender às especificações dos consumidores no que toca às propriedades de cor, textura, brancura e outras propriedades sensoriais, à digestibilidade, ao tempo de confeção, entre outras (Lamberts, De Bie et al. 2007; Yadav and Jindal 2008). Esta etapa tem como principal objetivo a máxima produção de grãos inteiros com uma cor e brilho desejáveis, sendo que estas características são alcançadas através da uniforme remoção das camadas de farelo (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003). Diferentes mercados exigem graus de remoção do farelo diferentes, sendo que quanto mais branco for o arroz mais valorizado será pelo mercado (Lamberts, De Bie et al. 2007; Bett-Garber, Lea et al. 2012). O branqueamento provoca uma redução no teor de nutrientes, por isso, a composição nutricional do arroz branqueado é diferente da composição nutricional do arroz integral (Zhou, Robards et al. 2002).

Após o branqueamento, procede-se à remoção de poeiras e migalhas mais finas, bem como, de algumas trincas e grãos inteiros, realizada num equipamento denominado planchista. Posteriormente, os grãos inteiros e as trincas obtidos são separados ao passarem através de equipamentos denominados trios ou criveiras. É importante referir que as trincas surgem devido a danos mecânicos e a fissuras nos

grãos originadas pela sobrematuração dos mesmos (IGP 2011). Na Figura 3 verifica-se o aspeto do arroz em diferentes fases, nomeadamente, do arroz em casca, do arroz em película e do arroz já branqueado.



Figura 3 - Da esq. para a dir.: arroz em casca ou *paddy*; arroz em película ou integral; arroz branqueado.

Fonte: http://www.emorgado.pt/Em_2013_PT_.pdf

Posteriormente, os grãos inteiros passam através de uma seletora cromática que rejeitará os que possuem uma cor diferente da cor padrão pretendida. Os defeitos mais comuns são os grãos ditos bravos (estriados de vermelho), amarelos, verdes ou de barriga branca (também denominados de gessados). Por fim, o arroz é armazenado em silos e, a partir destes, é posteriormente embalado com recurso a doseadoras automáticas. As embalagens devem estar em conformidade com a legislação em vigor. Quando se refere rendimento industrial, trata-se da percentagem de grãos inteiros e trinca branqueados a partir do arroz em casca seco. A percentagem que se perde corresponde à casca e à sêmea. O rendimento industrial pode variar significativamente conforme o arroz (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; IGP 2011).

“A homogeneidade do tipo comercial, a ausência de grãos deformados, quebrados e estranhos e o teor de humidade são fatores de qualidade” (Brites, Guerreiro et al. 2004).

1.4. Características nutricionais

O arroz constitui uma excelente fonte de proteínas. Além disso, é composto por água, lípidos, alguns minerais, como o ferro e o cálcio, vitaminas, como a tiamina, a riboflavina e a niacina, e sobretudo por amido, que constitui um hidrato de carbono (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Brites, Guerreiro et al. 2004; Asare, Sefa-Dedeh et al. 2012; Carvalho, Bassinello et al. 2013). Trata-se de um alimento quase completo, uma vez que estão em falta apenas algumas vitaminas e aminoácidos, como a vitamina A e a lisina, respetivamente (Brites, Guerreiro et al. 2004). A Tabela 1 apresenta a composição do arroz branqueado cozido, já que é desta forma que é mais consumido.

Tabela 1 – Composição e características nutricionais do arroz branqueado cozido.

	Porção de 100 g	DDR*
Água	68,4 g	
Proteínas	2,7 g	
Lípidos	0,3 g	
Hidratos de carbono	28,2 g	
Fibra alimentar	0,4 g	
Energia	130 kcal	
Colesterol	0 mg	
Sódio	0 mg	
Ferro	1,2 mg	8,6 %
Tiamina (Vitamina B1)	0,163 mg	11,6 %
Niacina (Vitamina PP)	1,476 mg	8,2 %
Ácido fólico	55 µg	27,5 %
DDR* = Dose diária recomendada, baseada na Diretiva 90/496/CEE.		

Fonte: (Brites, Guerreiro et al. 2004)

Os nutrientes não estão uniformemente distribuídos no grão, uma vez que a camada externa apresenta maiores concentrações de proteínas, lípidos, fibra, minerais e vitaminas e o centro é rico em amido (Zhou, Robards et al. 2002). O arroz tem uma maior digestibilidade em relação a outros cereais, é não alergénico, não contém colesterol nem glúten e é, normalmente, classificado como um alimento de baixo IG. O IG pode variar significativamente consoante a variedade e também consoante os tratamentos e processos de cozedura do arroz (Miller, Pang et al. 1992; Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Brites, Guerreiro et al. 2004; Carvalho, Bassinello et al. 2013).

A composição dos grãos de arroz, nomeadamente, a concentração de amido e de outros nutrientes, varia e depende das condições ambientais e de manejo, do processamento e armazenamento, podendo variar, também, em função de fatores

genéticos (Goddard, Young et al. 1984; Zhou, Robards et al. 2002; Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Frei, Siddhuraju et al. 2003).

1.5. Variedades

O arroz pertence à família *Poaceae* e inclui duas espécies cujos nomes científicos são *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* S., de origem asiática e africana, respetivamente (Hagenimana, Ding et al. 2006; Liu, Waters et al. 2013).

Existem mais de 5000 variedades de arroz que se diferenciam pelo tamanho dos grãos, pela textura, pelo aroma, pelo teor de amilose (AC), consistência do gel (GC), temperatura de gelatinização (GT), entre outros. O clima e o germoplasma a partir da qual o amido é isolado também podem ter influência no tamanho e na forma dos grãos (Lanceras, Huang et al. 2000; Bhattacharjee, Singhal et al. 2002; Sujatha, Ahmad et al. 2004; Allahgholipour, Ali et al. 2006; Amarawathi, Singh et al. 2008; Wani, Singh et al. 2012). O germoplasma desempenha um papel muito importante no melhoramento genético de arroz (Asano, Takashi et al. 2007; Cai, Fan et al. 2013).

O arroz apresenta genomas completamente sequenciados de duas subespécies, *Indica* e *Japonica* (Gao and Innan 2008; Vaughan, Lu et al. 2008; Qi, Zhang et al. 2009). O arroz agulha e o arroz carolino pertencem à subespécie *Indica* e *Japonica*, respetivamente. As variedades *Indica* são geralmente adaptadas a climas tropicais, enquanto as variedades *Japonica* são adaptadas a climas mais temperados (Johns and Mao 2007; Kasai, Lewis et al. 2007; Vaughan, Lu et al. 2008; Lu, Cai et al. 2009)). Os grãos crus da subespécie *Indica* são longos, tal como os grãos crus da subespécie *Japonica*. No entanto, conforme se pode visualizar na Figura 4, estes últimos são mais arredondados (Brites, Guerreiro et al. 2004).



Figura 4 – Arroz carolino, da subespécie *Japonica* (à esq.) e arroz agulha, da subespécie *Indica* (à dir.).

De acordo com o DL nº 62/2000, o arroz pode dividir-se em três categorias, segundo o comprimento do grão. O grão longo mede mais de 6,0 mm de comprimento e a sua relação comprimento/largura pode ser superior a 2 e inferior a 3 (arroz carolino) ou superior ou igual a 3 (arroz agulha). O comprimento do grão médio caracteriza-se por ser superior a 5,2 mm e inferior ou igual a 6,0 mm, sendo a sua relação comprimento/largura inferior a 3. O grão curto ou redondo apresenta um comprimento inferior ou igual a 5,2 mm e a sua relação comprimento/largura é inferior a 2 (Ministério Agricultura 2000).

As variedades *Japonica* possuem caules resistentes, panículas longos e pesados e um sistema radicular vigoroso (Guiderdoni, Galinato et al. 1992). Estas possuem uma proporção de amilopectina maior e, portanto, menor teor de amilose que as variedades *Indica*, para um mesmo teor de amido. O arroz carolino caracteriza-se pela elevada capacidade de absorção do sabor e aroma, assim como, da cor dos ingredientes com que é cozinhado. É indicado para a confeção de pratos em que a absorção dos condimentos é desejável, sendo ideal para confeccionar o “arroz malandro”. No entanto, existindo um controlo da quantidade de água e do tempo de cozedura, também é usado para confeccionar arroz solto, requerendo para tal, competência culinária adequada e experiência, pois é possível mas menos fácil de confeccionar (Ernesto Morgado 2013).

Para além do arroz *Japonica* mais conhecido na culinária portuguesa, o arroz carolino, pertencem também à subespécie *Japonica* as variedades utilizadas em Espanha para a confeção de paelha e em Itália para a confeção de risotto. Para a paelha utilizam-se variedades *Japonica* que se distinguem do carolino apenas por

serem de grão médio, ou seja, comprimento inferior a 6 mm. A variedade mais conhecida é o Bahia. Os risottos são feitos essencialmente com as variedades Carnaroli ou Arbório. A principal diferença existente entre o Carolino e as variedades referidas reside no facto das últimas terem um centro branco, dito “gessado”, o que curiosamente é um defeito no arroz Carolino. Esta característica permite a estes arrozzes ficarem “*al dente*” se não forem demasiado cozinhados, isto é, duros ao mastigar sem estarem crus (Ernesto Morgado 2013).

O arroz *Indica* corresponde a 80% do cultivo do arroz no mundo e é cultivado principalmente no sul da China (Li, Upadhyaya et al. 1997; Zhao, Selomulya et al. 2012). O arroz agulha possui grãos longos e finos, sendo muito resistente à cozedura. É um arroz que deve ser usado para confeccionar pratos em que se pretenda obter arroz seco e solto. Para além disto, o arroz agulha, após refrigeração e reaquecimento, continua a apresentar resultados aceitáveis. Nos EUA foram desenvolvidas variedades híbridas de *Indica* e *Japonica* com o intuito de obter arroz semelhante ao agulha mas que pudesse crescer em climas mais temperados. Todo o arroz dito *Indica* ou agulha produzido na Europa é de facto proveniente de uma variedade híbrida, não sendo nem um *Indica* puro nem um *Japonica* puro. Embora tenha biometria de agulha tem um teor de amilose um pouco mais baixo e tende a aglomerar um pouco mais, ou seja, há uma menor separação dos grãos. Para além disso é menos resistente à cozedura quando comparado com arroz *Indica* puro e com arroz *Japonica* (Ernesto Morgado 2013).

As variedades aromáticas são normalmente consideradas independentemente das *Indica* e *Japonica*. Estas são muito diferentes entre si, mas caracterizam-se por um aroma intenso, sendo as principais variedades o Basmati e o Jasmim. O odor agradável e a textura macia após a cozedura colocam o arroz aromático numa excelente posição no mercado internacional. O aroma é um atributo muito importante para os consumidores deste tipo de arroz, sendo o composto 2-acetil-1-pirrolina (ACPY) o contribuinte para o seu aroma característico (Sirisoontaralak and Noomhorm 2006).

O arroz Basmati constitui a principal variedade de arroz aromático no mercado mundial e caracteriza-se pelo seu aroma adocicado, sabor agradável, bem como, pelos seus grãos longos, finos e soltos. Para além disso, o arroz Basmati apresenta uma textura macia após a cozedura e é ideal para pratos orientais. Tradicionalmente,

este arroz é cozinhado em excesso de água e, posteriormente, drenado para se obter grãos inteiros, firmes, macios e não pegajosos, e o sabor desejado (Ramesh 2000; Ernesto Morgado 2013). No entanto as suas variedades são suscetíveis a doenças graves, a insetos e pragas, bem como a stresses abióticos (Bishnoi, Jain et al. 2000). As variedades de arroz Basmati necessitam de dias curtos para ocorrer floração, solos alcalinos e condições de pouca água (Bhattacharjee, Singhal et al. 2002).

O arroz Jasmim é conhecido e muito apreciado pelas suas propriedades exóticas, pelo seu aroma e pela sua textura suave e macia (Phanchaisri, Chandet et al. 2007). Trata-se de um arroz que possui grãos longos e cristalinos, para além de um sabor delicado, estando indicado para pratos asiáticos (Ernesto Morgado 2013).

Existem três tipos de arroz no mercado: o branqueado, o integral (arroz em película) e o vaporizado. Embora qualquer variedade possa ter qualquer destas três formas, o vaporizado mais comum é feito a partir de arroz agulha, sendo que a vaporização traz mais benefícios se for aplicada ao arroz em película, antes do branqueamento, ou até ao arroz ainda em casca. O arroz vaporizado, segundo o DL nº 62/2000, é o arroz que em casca ou película, e após imersão em água, vaporização (aquecimento a vapor sob pressão) e secagem, é submetido a laboração industrial para ser preparado para consumo, e cujo amido se encontra pré ou totalmente gelatinizado (Ministério Agricultura 2000). Este arroz caracteriza-se por ser resistente à cozedura, ficar solto depois da mesma, bem como, por ter grãos de cor ambarina, sabor e aroma característicos em resultado do processo de vaporização a alta temperatura do arroz em casca. A vaporização permite manter algumas propriedades características do arroz integral mesmo após o branqueamento do arroz, pois conserva no interior do grão algumas vitaminas e sais minerais da película que cobre o mesmo. Deste modo, o arroz vaporizado é mais nutritivo (Ernesto Morgado 2013). Na Figura 5 pode observar-se a diferença de cor entre o arroz agulha branqueado e o arroz agulha vaporizado.



Figura 5 - Arroz agulha branqueado (esq.) e arroz agulha vaporizado (dir.).

1.6. Consumo e produção

A maioria da produção mundial de arroz centra-se no arroz *Oryza sativa* L., sendo a China e a Itália os principais produtores de arroz do mundo e da Europa, respetivamente (Hagenimana, Ding et al. 2006; Cirillo, Del Gaudio et al. 2009; Liu, Waters et al. 2013).

O arroz *Japonica* adequa-se melhor às condições climáticas da Europa, sendo por isso o mais produzido neste continente. A maioria do arroz cultivado em Itália pertence a esta subespécie, sendo também produzido no Japão, Califórnia e algumas regiões da China. O arroz *Indica* adequa-se a climas húmidos e quentes, sendo produzido não só no Sul da China mas noutras regiões como no nordeste da América do Sul (Faivre-Rampant, Bruschi et al. 2011).

O arroz é tipicamente consumido cozido e em grãos inteiros, sendo muito baixa a percentagem de arroz convertido em farinha ou em flocos (Srisawas and Jindal 2007; Zhou, Robards et al. 2007; Amarawathi, Singh et al. 2008; Mohapatra and Bal 2012; Park, Kim et al. 2012).

Em Portugal, a produção de arroz ronda as 160000 ton sendo, portanto, o terceiro maior produtor europeu e o seu consumo *per capita* é de 17,3 kg, constituindo o maior consumidor da Europa (Brites, Guerreiro et al. 2004; Reed, Ai et al. 2013). O aumento do consumo de arroz ao longo dos anos deve-se, entre outros fatores, ao aumento da capacidade de armazenamento, bem como, à facilidade de cozinhar (Asare, Sefa-Dedeh et al. 2012; Carvalho, Bassinello et al. 2013).

O tipo de arroz mais comum em Portugal é o arroz de grão longo, sendo subdividido em estreito (agulha) e em oblongo (carolino) (Brites, Guerreiro et al. 2004). Grande parte da produção de arroz em Portugal corresponde à variedade carolino, subespécie *Japonica*, como se pode verificar na Figura 6 (Novarroz 2013). O arroz agulha representado na Figura 6 é o arroz agulha europeu (híbrido).

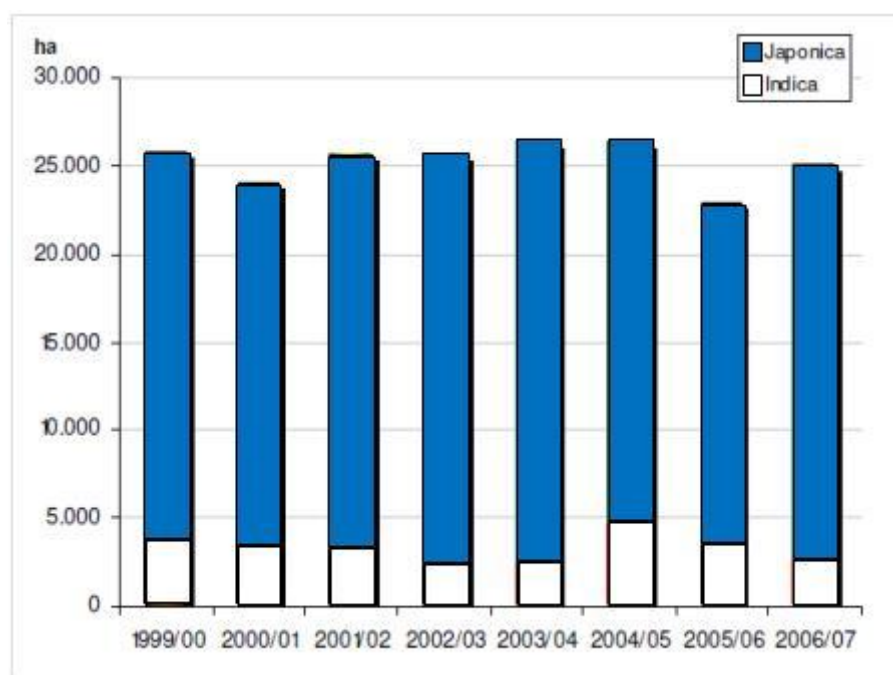


Figura 6 – Área de arroz em Portugal por tipo de arroz (ha).

Fonte: (IGP 2011)

No Baixo Mondego as condições climáticas sempre proporcionaram a produção de elevada qualidade desta variedade, fundamentando a Indicação Geográfica Protegida (IGP) do Baixo Mondego para o arroz carolino, ao abrigo do Regulamento (CE) n.º 510/2006 do Conselho de 20 de Março de 2006 (IGP 2011). A IGP referencia a origem do arroz através do logótipo ou imagem da região (Brites, Guerreiro et al. 2004). No entanto, também se produz a variedade Agulha, que corresponde à subespécie *Indica* e que possui grãos alongados (Novarroz 2013).

Em Portugal, no início do século XX, foram estabelecidas as bases para a produção de arroz e, nos anos 30, os arrozais cresceram e as zonas de cultivo estenderam-se a outras regiões do país. Hoje em dia, “o arroz é cultivado na bacia do Mondego (Figueira da Foz, Coimbra), nas bacias da Beira Baixa, na bacia do Sado

(Alcácer do Sal), na bacia dos afluentes do Tejo, nas represas a Sul e noutras regiões, em menor escala” (Novarroz 2013). O arroz produzido em Portugal é na sua maioria cultivado em condições de regadio (Novarroz 2013).

Ao longo dos anos têm sido reunidos esforços para o desenvolvimento de variedades de arroz com características alimentares específicas para os diferentes mercados, bem como, têm sido desenvolvidos programas de melhoramento de diversas variedades (Meullenet, Sitakalin et al. 1999).

Diferentes regiões do mundo preferem variedades de arroz com características diferentes (Chen and Zhu 1999; Champagne, Bett-Garber et al. 2010). Na maioria das áreas de cultivo de arroz, as variedades com AC intermédio, temperatura de gelatinização (GT) intermédia e consistência suave são as que apresentam as características preferidas (Chen and Zhu 1999). A maioria dos consumidores tem preferência pelo arroz branqueado com pouco ou nenhum farelo restante (Roy, Ijiri et al. 2008).

O único produtor de arroz Basmati é a Índia, contudo existem algumas variedades que se cultivam noutros locais, como a Tailândia. A variedade Jasmim mais conhecida é produzida na Tailândia, sendo por vezes referida como arroz “Thai”. (Ariyaphanphitak, Chidthaisong et al. 2005).

2. O amido

2.1. Constituição

Os grãos de arroz são constituídos principalmente por amido, o qual representa mais de 80% dos constituintes totais do cereal. O amido encontra-se sob a forma de grânulos, os quais estão organizados em regiões cristalinas e amorfas. É constituído por cadeias de glucose existindo dois tipos de cadeias: as lineares, denominadas por amilose, e as ramificadas, designadas por amilopectina, sendo esta o componente principal das regiões cristalinas (van der Maarel, van der Veen et al. 2002; Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Wani, Singh et al. 2012; Liu, Waters et al. 2013). A razão amilose/amilopectina é a principal responsável pelo diferente comportamento culinário dos vários tipos de arroz (Brites, Guerreiro et al. 2004).

O AC do arroz *Japonica* é menor do que o AC do arroz *Indica*, enquanto o teor de amilopectina do primeiro é maior do que no segundo, apresentando uma textura menos firme depois de cozido (Brites, Guerreiro et al. 2004; Kasai, Lewis et al. 2007).

Mesmo quando as amostras são da mesma variedade, a composição do amido pode ser diferente (Wani, Singh et al. 2012).

2.2. Amilose e amilopectina

Os polissacarídeos, amilose e amilopectina, determinam a gelatinização do amido, conforme a sua estrutura e proporção. A amilose é uma molécula de estrutura linear, sem ramos laterais, que compreende anéis de glucose unidos entre si por ligações α -1,4. Trata-se de uma molécula solúvel em água (Barham 2001). A amilopectina é uma molécula altamente ramificada com ligações glicosídicas α -1,6, a qual influencia a qualidade culinária do arroz. Na Figura 7 pode observar-se a estrutura das duas moléculas. O teor de amilose, o comprimento da cadeia ramificada (BLC) da amilopectina e as interações do amido com lípidos e proteínas afetam a hidrólise enzimática do amido (van der Maarel, van der Veen et al. 2002; Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Vandeputte, Vermeylen et al. 2003; Takemoto-Kuno, Suzuki et al. 2006; Reed, Ai et al. 2013). A amilopectina também é solúvel em água mas não tanto quanto a amilose. Devido a ter mais pontos terminais do que a cadeia linear, capta mais facilmente água (conjuntamente com os ingredientes do preparo culinário) e portanto tem maior índice de absorção de água e consequentemente de sabores (Barham 2001).

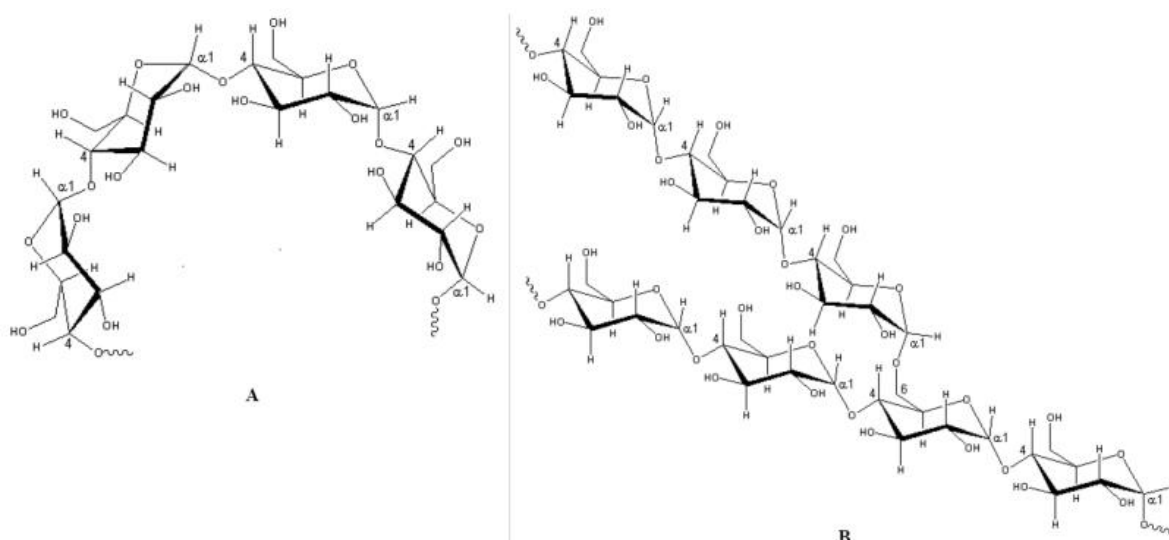


Figura 7 - A) Estrutura da amilose. B) Estrutura da amilopectina.

Fonte: (Denardin and da Silva 2009)

Geralmente, as variedades de grãos longos são mais ricas em amilose do que as de grãos curtos. Relativamente à amilopectina, as variedades de grãos curtos possuem um maior teor do que as variedades de grãos longos (Kasai, Lewis et al. 2007). O AC é tido em consideração aquando da cozedura do arroz e está inversamente relacionado com a absorção de água, maciez e separação dos grãos cozidos, determinando a aparência e a textura do arroz (Lanceras, Huang et al. 2000; Zhou, Robards et al. 2002).

2.3. Gelatinização e retrogradação

A amilose desempenha um papel de restrição da expansão do amido, ao contrário da amilopectina, quando este sofre um aquecimento em soluções aquosas e ocorre a gelatinização. Assim, a gelatinização, que é um processo físico-químico endotérmico, manifesta-se através da desorganização da estrutura cristalina e do inchaço dos grãos provocado pelo aquecimento dos mesmos quando imersos em água. Nesta fase são formadas soluções viscosas devido à lixiviação da amilose para fora do grânulo, promovendo um aumento de volume dos grãos de arroz, enquanto o teor de amilose dos mesmos é solubilizado. No entanto, após o arrefecimento, as moléculas de amido passam por um processo de recristalização, a que se chama

retrogradação. Esta consiste na reassociação das moléculas de amido gelatinizadas, originando uma estrutura cristalina ordenada. Quando o arroz gelatinizado arrefece, a molécula de amilose sofre imediatamente retrogradação enquanto a molécula de amilopectina permanece igual em consequência da sua estrutura ramificada. Este processo está geralmente associado com a sinérese e, em consequência destas alterações, podem surgir modificações texturais e visuais (Zanoni, Schiraldi et al. 1995; Perdon, Siebenmorgen et al. 1999; Parker and Ring 2001; van der Maarel, van der Veen et al. 2002; Bello, Tolaba et al. 2007; Kasai, Lewis et al. 2007; Botelho, Correa et al. 2010; Wani, Singh et al. 2012; Briffaz, Mestres et al. 2013).

O aumento de volume dos grãos depende do grau de ligação química no interior dos mesmos (Bao, Sun et al. 2002). O inchaço dos grãos não é totalmente reversível. As moléculas de amilose adotam uma nova forma helicoidal, estando ligadas com algumas moléculas de água (Barham 2001).

A gelatinização e a retrogradação do amido são influenciadas pela estrutura e composição do amido em causa, pelos métodos de cozedura, pelas condições de armazenamento, entre outros (Perdon, Siebenmorgen et al. 1999; Huang, Kennedy et al. 2007; Yu, Ma et al. 2009). A GT e a GC são fatores que desempenham um importante papel na cozedura e no processamento do arroz, devendo ser tidos em conta nos programas de melhoramento deste cereal (Lanceras, Huang et al. 2000). A retrogradação contribui para o aumento da dureza e diminuição da aderência do arroz cozido (Yu, Ma et al. 2009). O arroz *Indica* apresenta GT mais elevadas do que o arroz *Japonica*, uma vez que o comprimento da cadeia ramificada (BLC) de amilopectina é maior (Reed, Ai et al. 2013). A GT varia de 50°C a 75°C, de acordo com o tipo de amido (Sablani, Kasapis et al. 2007).

3. Cozedura do arroz

Cozinhar o arroz consiste em introduzir água e calor para enfraquecer as ligações entre as cadeias de glucose e para provocar a expansão do amido e a sua gelatinização. Ao cozinhar o arroz pretende-se torná-lo digerível, para além de o fazer adquirir características sensoriais agradáveis (Brites, Guerreiro et al. 2004).

No processo de cozedura do arroz existem dois fatores muito importantes a ter em conta, sendo eles a quantidade de água e o controlo da temperatura (Das,

Subramanian et al. 2006). A proporção de arroz:água é um fator determinante da duração da cozedura e do sucesso da mesma, tal como, a variedade de arroz utilizada (Billiris, Siebenmorgen et al. 2012). A proporção ideal para a obtenção de uma textura desejável depende da composição química do arroz e da água, sendo que quanto maior a quantidade de água, maior a duração da cozedura. O aquecimento controlado na cozedura garante uma desejada gelatinização do amido sem que haja o risco de queimar o arroz, sendo que o processo de cozedura consiste na gelatinização total do amido (Das, Subramanian et al. 2006).

A cozedura é realizada numa panela, que aquece, por chama, por placa elétrica ou por indução, e transmite o calor à água que contém o arroz. Numa panela com água a ferver, a transferência de calor é feita por convecção. A convecção ocorre quando um fluido entra em contacto com um sólido e sempre que existe uma diferença de temperatura entre os dois, havendo troca de calor (Singh and Heldman 2001).

Na cozedura realizada num fogão de indução submerge-se “o alimento em meio aquoso fervente”, por um período de tempo que varia de acordo com o alimento e porção, sendo que a temperatura da água situa-se normalmente nos 100°C. Desta forma, consegue-se cozinhar os alimentos sem gordura, bem como, aumentar o volume de alimentos que contêm amido pois absorvem a água. Este método está indicado para a cozedura de cereais e leguminosas (Araujo, Di Pilla Montebello et al. 2008).

Ao realizar-se uma cozedura num fogão de indução há uma eficiência do aquecimento, uma rapidez de cozedura, assim como, uma economia da energia. Um fogão de indução possui uma superfície de cerâmica polida e um indutor de campo magnético que, gerando-o, aquece apenas a panela. Desta forma, as chamas são substituídas pelo campo magnético (Araujo, Di Pilla Montebello et al. 2008).

O amido começa a tornar-se solúvel e os grãos começam a absorver grandes quantidades de água a partir dos 70 °C (Barham 2001).

4. Refeições pré-preparadas à base de arroz

A procura por produtos pré-preparados ou prontos a consumir tem aumentado nos últimos anos e, neste setor, existem cada vez mais produtos com arroz cozido (Khatoon and Prakash 2007; Yu, Ma et al. 2009; Carvalho, Bassinello et al. 2013). O

aumento da procura deve-se à facilidade e rapidez de preparação em casa (Evans, Russell et al. 1996; Carvalho, Bassinello et al. 2013).

A indústria gostaria de poder preparar o arroz e mantê-lo nas melhores condições até que fosse consumido. O tempo necessário à distribuição, venda e consumo é largamente superior ao tempo de vida de um arroz cozinhado. O principal processo de conservação em que se poderia pensar seria o arrefecimento. Com refrigeração, a velocidade de crescimento microbiano baixa, bem como, a de oxidações e outras reações indesejáveis. No entanto, esta retardação não permite mais do que umas horas ou poucos dias e portanto apenas se aplica num contexto de restauração (Ma and Sun 2009; Yu, Ma et al. 2009).

O tempo de vida do arroz refrigerado aumenta significativamente se ele tiver sido pasteurizado antes. Outros processos para tempos de vida mais alargados são possíveis, nomeadamente:

- Congelação, em que o meio aquoso é retirado por solidificação, mas que consequentemente exige que os produtos sejam armazenados nessas condições extremas de temperatura baixa;
- Secagem, em que o meio aquoso é removido de todo com desidratação, bastando assegurar que o produto é protegido de humidade para garantir um longo tempo de vida;
- Esterilização comercial térmica, em que os microrganismos são completamente destruídos, incluindo esporos, exigindo que a embalagem seja hermética para assegurar que não há contaminações posteriores ao processamento (Correia, Faraoni et al. 2008; Lidon and Silvestre 2008; Ma and Sun 2009).

Os métodos de arrefecimento podem afetar a dureza do arroz cozido, de acordo com a variedade do mesmo. Durante o armazenamento pode ocorrer a retrogradação do amido, para além de que a temperatura desta etapa pode afetar o comportamento do arroz cozido. Este comportamento é um fator bastante importante a ter em conta visto que afeta a qualidade, a aceitabilidade e a vida de prateleira dos pratos preparados com arroz (Ma and Sun 2009).

O processo de produção de refeições pré-preparadas poderá causar alterações sensoriais no arroz, em comparação com o arroz que apenas sofreu cozedura. Essas alterações ocorrerão, principalmente, ao nível da textura, a qual tornar-se-á menos pegajosa e apresentará uma menor dureza (Rewthong, Soponronnarit et al. 2011).

A indústria seleciona as variedades de arroz tendo em conta a capacidade de resistência das mesmas a determinadas condições de processamento (Ong and Blanshard 1995; Ramesh, Ali et al. 1999; Han and Hamaker 2001; Vandeputte, Vermeylen et al. 2003; Patindol, Gonzalez et al. 2007).

Normalmente, as refeições pré-preparadas são aquecidas em microondas antes de serem consumidas. Ao aquecer um alimento no microondas, a velocidade do aquecimento é diretamente proporcional à potência do sistema do microondas. A forma e o tamanho do alimento influenciam a uniformidade do seu aquecimento. A composição e o estado físico também afetam o aquecimento do alimento pois o teor de humidade influencia diretamente a absorção de microondas (Singh and Heldman 2001). As microondas penetram no alimento, aquecendo-o, pois geram calor devido às interações com os alimentos, ou seja, o aquecimento resulta das interações entre a energia das microondas e do material dielétrico, o alimento. Esta transferência de energia depende das propriedades dielétricas do material em contacto com o campo de microondas (Singh and Heldman 2001).

Num campo microondas, o calor pode ser gerado por polarização iónica e por rotação dipolo. A polarização iónica ocorre quando um campo elétrico é aplicado a um alimento e os iões deste se movem aceleradamente, colidindo entre si e convertendo a sua energia cinética em energia térmica. A rotação dipolo ocorre quando um campo elétrico é aplicado a um alimento e as suas moléculas polares, como as moléculas de água, que possuem uma orientação aleatória, passam a orientar-se segundo a polaridade do campo elétrico aplicado. A polaridade, num campo de microondas, alterna rapidamente, fazendo com que as moléculas também girem rapidamente e, conseqüentemente, ocorra atrito entre elas e o meio circundante, gerando calor (Singh and Heldman 2001). O principal modo de transferência de calor em alimentos sólidos é a condução. As partículas situadas na zona de temperatura inferior recebem energia vibracional das partículas localizadas na zona de temperatura superior, através do contacto de umas com as outras (Bejarano 2001).

5. Processos de conservação

A presença de microrganismos patogénicos e a deterioração microbiana são grandes preocupações na indústria alimentar. Existem diversos processos e métodos que permitem conservar os alimentos, mantendo-os estáveis e seguros e,

consequentemente, eliminando o potencial de doenças transmitidas pelos alimentos. A refrigeração, a congelação, a secagem, a pasteurização, a esterilização, o uso de pulsos elétricos, a salga e a tecnologia de barreiras são alguns dos processos (Correia, Faraoni et al. 2008).

Para se destruir microrganismos, inativar ou inibir o seu crescimento assim como de enzimas, e se alcançar um aumento da vida útil do produto, recorre-se mais frequentemente a processos com utilização de calor, apesar de existir um maior risco de alterações organoléticas e nutricionais indesejáveis (Butz and Tauscher 2002; Elez-Martinez and Martin-Belloso 2007; Correia, Faraoni et al. 2008).

A temperatura é um fator muito importante a ter em conta durante o armazenamento dos produtos alimentares, sendo um dos fatores que mais influencia o crescimento dos microrganismos (Singh and Heldman 2001; Almeida 2012).

5.1. Refrigeração

A temperatura a que os produtos são mantidos quando estão em refrigeração situa-se entre -1°C e 8°C, o que permite uma redução do crescimento microbiano e da produção de toxinas, retardando a deterioração do produto (Singh and Heldman 2001). Este método de conservação é normalmente combinado com outras operações unitárias, tais como a pasteurização, prolongando a vida útil dos produtos alimentares. Relativamente ao impacto sobre as características sensoriais e nutricionais, este é mínimo (Lidon and Silvestre 2008).

5.2. Congelação

A congelação é um método de conservação de produtos alimentares, sobretudo refeições pré-preparadas, as quais, atualmente, possuem um papel cada vez mais importante no dia-a-dia dos consumidores. O principal objetivo é a remoção do meio aquoso, pois é em meio aquoso que decorre o crescimento e a atividade de microrganismos e a maior parte dos mecanismos bioquímicos de degradação, como oxidações. Assim, com o meio aquoso a passar a sólido não existe meio favorável a esses crescimentos (Lidon and Silvestre 2008). Este processo envolve a remoção de calor sensível e latente, diminuindo a temperatura do produto até -18°C ou menos (Charoenrein and Preechathamwong 2010). Os tempos de conservação são maiores em comparação com a refrigeração (Lidon and Silvestre 2008). Na

congelação rápida formam-se cristais de gelo pequenos e não há rutura de membranas celulares, permitindo evitar danos na textura (Correia, Faraoni et al. 2008).

À medida que a temperatura diminui e a formação de cristais de gelo aumenta, há uma menor disponibilidade de água para intervir em reações que deterioram o alimento. Qualquer flutuação da temperatura durante o armazenamento pode provocar uma redução da qualidade do processo ou prejudicar a qualidade do produto. Assim, a temperatura de armazenamento tem grande influência na qualidade dos alimentos (Singh and Heldman 2001).

5.3. Esterilização

Nicolas Appert, confeiteiro francês, desenvolveu no início do século XIX o processo de esterilização, também denominado de “apertização”. A esterilização consiste na exposição dos alimentos a altas temperaturas durante um determinado período de tempo. O objetivo da esterilização é garantir a destruição de todas as células vegetativas e esporos. As bactérias esporulantes formam esporos ao serem sujeitas a condições de “stress”, como aquecimento. Estes esporos germinam quando a fonte de “stress” desaparece, dando origem a novas colónias. Nesta prática define-se um microrganismo patogénico alvo e o alimento é processado de forma que a probabilidade de sobrevivência desse microrganismo seja inferior a um dado valor que se admita como seguro. Deste modo, permite o armazenamento do alimento à temperatura ambiente, por um longo período de tempo, sem que haja desenvolvimento microbiano. Se o tempo ou a temperatura de esterilização definidos forem ultrapassados, a esterilização do produto está assegurada. No entanto, devemos evitar exceder os valores definidos devido ao grande impacto do processo em termos da destruição das propriedades sensoriais e da qualidade do produto. O valor de esterilização (ou valor F) define-se como *“o tempo necessário, a uma temperatura definida constante, para reduzir a população microbiana presente num alimento até um nível desejado. Quando o valor de F se refere a 121,1°C (temperatura de referência) é designado como F_0 ”* (Lidon and Silvestre 2008; Almeida 2012). Em comparação com a pasteurização, as alterações introduzidas nos produtos alimentares são maiores (Lidon and Silvestre 2008).

A temperatura e a duração do processo dependem dos microrganismos presentes conjugados com a natureza do alimento, sendo necessário controlar fatores

como o pH ou a atividade da água (aW). É um processo que depende do binómio tempo-temperatura. Este deve ser estabelecido de acordo com o número e tipo de microrganismos (Banga, Alonso et al. 1994; Ghani, Farid et al. 2001; Rodriguez-Fernandez, Balsa-Canto et al. 2007; Almeida 2012). O binómio tempo-temperatura depende também da taxa de penetração de calor no alimento durante o processo e da resistência dos microrganismos. A resistência térmica dos microrganismos resulta do tipo de microrganismo, da forma em que este se apresenta (vegetativa ou esporulada) e do meio onde se encontra (pH, aW, etc). É importante referir que a taxa de penetração de calor depende da natureza do alimento, do meio que o envolve, do tamanho e da forma do recipiente, entre outros (Hallman and Stevens 1932; Almeida 2012). De notar que o fator F necessário para garantir a destruição total dos esporos mais resistentes de bactérias patogénicas é de cerca de 3 minutos. No entanto, podem sobreviver microrganismos não patogénicos que provocam degradação do produto, como os microrganismos termófilos e, por isso, valores de F mais elevados podem ser necessários, dependendo do tipo de microrganismo. Por exemplo, produtos do mar exigem tratamentos mais severos do que carnes e estas mais que vegetais.

Durante a esterilização, o ponto que demora mais a aquecer, o ponto crítico, é o centro geométrico, e, portanto, é na temperatura deste ponto que nos devemos basear. Para além disto, deve ser tida em conta a temperatura inicial do alimento (Hallman and Stevens 1932; Bejarano 2001; Almeida 2012).

Geralmente o valor z das bactérias esporuladas situa-se entre 7 e 12°C. Muitos autores utilizam como valor de z, 10°C (Almeida 2012).

O valor z traduz o aumento de temperatura necessário para diminuir num ciclo logarítmico o valor de D. O valor D consiste no tempo requerido, em minutos, para obter uma redução de 90% dos microrganismos presentes no alimento, a uma determinada temperatura letal (Almeida 2012).

O modelo de Bigelow, muito utilizado na indústria alimentar, explica o efeito da temperatura no valor de esterilização através da seguinte equação:

$$F_T = F_{T_{ref}} 10^{\frac{(T_{ref}-T)}{z}}$$

T_{ref} – Temperatura de referência

F_{Tref} – Valor de F à temperatura de referência (min)

z ($^{\circ}\text{C}$) – Número de $^{\circ}\text{C}$ necessários para modificar o valor de D por um fator de dez (Noronha 1999; Almeida 2012).

5.4. Pasteurização

O objetivo fundamental da pasteurização é a destruição das células vegetativas e dos esporos de fungos e leveduras, que possam estar presentes no produto durante o seu tempo de vida útil, em condições normais de armazenamento. Alguns esporos podem sobreviver a este processo, por isso, os alimentos pasteurizados devem ser refrigerados para que a germinação dos esporos seja retardada o mais possível.

. A temperatura característica deste processo de conservação é menor que 100°C , não sendo suficiente para destruir a atividade residual das enzimas e, consequentemente, impedir uma possível degradação do alimento quando armazenado. Com este método de conservação devem estar assegurados um adequado controlo microbiológico, a destruição de enzimas prejudiciais, bem como, uma baixa pressão de oxigénio no produto. É importante manter este último baixo uma vez que aumenta a taxa de oxidação do alimento (Lidon and Silvestre 2008).

A temperatura e o tempo da pasteurização dependem da carga microbiana do produto, bem como, das condições de transferência de calor através do mesmo. A pasteurização pode ser realizada de uma forma lenta, denominada Low Temperature Low Time (LTLT), cuja temperatura característica varia entre $62-65^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, ou de uma forma rápida, conhecida como High Temperature Short Time (HTST), realizada a $72-75^{\circ}\text{C}$ durante cerca de 15 a 20 segundos. A segunda é reconhecida como a forma de pasteurização que origina produtos de qualidade superior (Correia, Faraoni et al. 2008; Almeida 2012).

A seleção do agente patogénico alvo é importante, devendo considerar-se, em determinados alimentos, a potencial sobrevivência de *Clostridium botulinum* E. Na Tabela 2 podemos verificar os valores de F e de z apropriados à adequada pasteurização de determinados produtos.

Tabela 2 - Exemplos de produtos pasteurizados adequadamente.

Produto	Letalidade mínima cumulativa total	Valor z
Peixe e produtos de pesca em geral	$F_{194^{\circ}\text{F}} (F_{90^{\circ}\text{C}}) = 10$ minutos	12,6°F (7°C), para temperaturas inferiores a 194°F (90°C) 18°F (10°C) para temperaturas superiores a 194°F (90°C)
Caranguejo azul	$F_{185^{\circ}\text{F}} (F_{85^{\circ}\text{C}}) = 31$ minutos	16°F (9°C)
Sapateira	$F_{194^{\circ}\text{F}} (F_{90^{\circ}\text{C}}) = 57$ minutos	15,5°F (8,6°C)

Fonte: Adaptado de (FDA 2011)

5.5. Secagem

A secagem é um processo antigo de conservação de alimentos que tem como objetivo a remoção do meio aquoso do alimento (Lidon and Silvestre 2008). Este processo visa a remoção da água, diminuindo a atividade da mesma e retardando o crescimento microbiano e as reações químicas (Sousa and Ferreira 1998; Ratti 2001; Lidon and Silvestre 2008).

A atividade da água (aW) é definida pela “razão entre a pressão de vapor de água do alimento e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura” (Sousa and Ferreira 1998). O seu valor varia entre 0 e 1. Quando o valor de aW é menor que 0,7, não se verifica crescimento de fungos mas existe crescimento de algumas espécies de leveduras, entre valores de 0,62 a 0,7. Há um muito pequeno crescimento de microrganismos quando se verifica um aW menor ou igual a 0,6. No entanto, entre 0,4 e 0,8 podem ocorrer reações químicas e enzimáticas. Quando o aW é menor que 0,3, não há desenvolvimento microbiano pois as moléculas de água estão fortemente ligadas ao alimento. Quando o valor de aW é superior a 0,8, o alimento torna-se fortemente suscetível ao ataque de microrganismos. Por norma as bactérias exigem

valores de a_w mais elevados do que os fungos (Chirife and Buera 1995; Sousa and Ferreira 1998; Cruz 2013).

Na Tabela 3 é possível visualizar alguns valores mínimos de a_w necessários para o desenvolvimento de alguns grupos de microrganismos.

Tabela 3 - Valores mínimos de a_w para o desenvolvimento de alguns grupos de microrganismos.

Microrganismos	a_w	Microrganismos	a_w
Grupos		Grupos	
Bactérias de alteração	0,9	Bactérias Halófilas	0,75
Leveduras de alteração	0,88	Bolores Xerófilos	0,61
Bolores de alteração	0,80	Leveduras Osmófilas	0,61

Fonte: James M. Jay. Modern Food Microbiology, 5ª edição citado por (Sousa and Ferreira 1998)

A secagem a ar quente permite obter produtos desidratados que podem ter uma vida prolongada. No entanto, a qualidade dos mesmos diminui. Existem desvantagens como as alterações sensoriais e nutricionais. A cor é degradada devido às altas temperaturas, podendo também ocorrer uma redução do volume e da porosidade dos produtos. Neste processo, o produto a ser seco é exposto a um fluxo contínuo de ar quente que permite a evaporação da humidade (Matsuda 2000; Ratti 2001; Correia, Faraoni et al. 2008; Lidon and Silvestre 2008). Geralmente, os produtos que sofreram desidratação são reidratados antes de serem utilizados, com o objetivo de restaurar determinadas propriedades (Cunningham, McMinin et al. 2007).

O processo convencional de secagem realiza-se em secadores, tendo por base a circulação de ar aquecido e, portanto, combina transferência de calor e de massa, ou seja, aquecimento do produto e remoção de humidade, respetivamente (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003; Correia, Faraoni et al. 2008). Trata-se de um processo muito importante na preservação de grãos (Chakraverty, Mujumdar et al. 2003).

6. Fatores que afetam a qualidade do arroz

Na indústria do arroz, o controlo da qualidade do cereal para cada uma das possíveis utilizações finais é muito importante (Meullenet, Sitakalin et al. 1999).

A qualidade do arroz é influenciada por vários fatores, tais como a sua variedade, as práticas de pré-colheita e pós-colheita, as máquinas utilizadas para o

processamento, a humidade relativa do ambiente e a temperatura de armazenamento (Srisawas and Jindal 2007; Zhou, Robards et al. 2007; Amarawathi, Singh et al. 2008; Mohapatra and Bal 2012; Park, Kim et al. 2012).

A qualidade do arroz na cozedura é o fator mais importante, sendo notadas diferenças na expansão do volume, firmeza, aroma, maciez e alongamento do grão cozido (Bhattacharjee, Singhal et al. 2002; Sujatha, Ahmad et al. 2004; Allahgholipour, Ali et al. 2006; Amarawathi, Singh et al. 2008; Wani, Singh et al. 2012). Deste modo, é muito importante avaliar, através de análises químicas, reológicas e sensoriais, fatores de qualidade como a composição química, a textura e o aroma do arroz cozido (Brites, Guerreiro et al. 2004).

Não é apenas o AC o fator das variações de desempenho ao longo do processamento e no produto final, uma vez que variedades de arroz com teor de amilose semelhante apresentam, por vezes, diferenças a estes níveis. Estudos têm demonstrado que a estrutura molecular do amido, a razão amilose/amilopectina, a GT, a consistência do gel (CFG), a viscosidade, o volume e a textura dos grãos também contribuem para a qualidade do produto final (Ong and Blanshard 1995; Perdon, Siebenmorgen et al. 1999; Ramesh, Ali et al. 1999; Han and Hamaker 2001; Bao, Sun et al. 2004; Lin, Shi et al. 2005; Patindol, Gonzalez et al. 2007; Yadav and Jindal 2008). As proteínas e os lípidos também afetam a qualidade do arroz (Zhou, Robards et al. 2002).

7. Absorção da água

A gelatinização do amido só é conseguida através da imersão do mesmo em água e a absorção da água terá influência na qualidade do produto final (Turhan, Sayar et al. 2002). Geralmente assume-se que a migração da água ocorre por difusão controlada, originada pelo gradiente de humidade entre a superfície e o centro do alimento (Bello, Tolaba et al. 2007). O aumento da temperatura da água de imersão provoca um aumento da velocidade de absorção (Sopade and Obekpa 1990; Hung, Liu et al. 1993; Bello, Tolaba et al. 2004; Cunningham, McMinin et al. 2007).

Para determinar as condições ótimas que permitem cozinhar cada variedade de arroz, deve-se detetar a diferença na absorção de água por parte dos grãos, durante a cozedura. Este constitui um fator de extrema importância que afeta a qualidade do arroz cozido e varia consoante a variedade do arroz. No contexto

culinário, absorção de água significa absorção pelo arroz, do sabor do preparado culinário. Espera-se que um bom arroz Carolino tenha uma elevada absorção de água, senão não ficará com o sabor apurado pretendido nos pratos para o qual este arroz é o mais indicado. Por outro lado, um bom arroz Agulha não pode ter uma absorção de água muito elevada, pois ficará demasiado mole e provavelmente empapado (Yadav and Jindal 2007).

O índice de absorção permite avaliar a absorção de líquidos, de que é exemplo a água, na cozedura de alimentos como cereais e leguminosas secas. Durante a cozedura, parte da água sofre evaporação e parte é absorvida pelos grãos. Deste modo, o peso e o volume finais representam a soma do grão com a água absorvida. Do ponto de vista analítico, a absorção da água correlaciona-se com a composição do amido e a sua ultra estrutura molecular, interagindo obviamente com todos os restantes componentes do arroz que interfiram neste comportamento. Do ponto de vista de utilização culinária e industrial, a absorção da água correlaciona-se com a absorção do sabor do preparado culinário. (Turhan, Sayar et al. 2002; Yadav and Jindal 2007; Araujo, Di Pilla Montebello et al. 2008).

8. Textura

A consciencialização da importância da textura tem vindo a aumentar ao longo das últimas décadas, graças ao aumento da atenção dada a este atributo sensorial por parte dos consumidores, a um melhor entendimento do que significa, ao desenvolvimento de equipamentos de medição de propriedades de textura, ao aumento de análises sensoriais direcionadas a este atributo, entre outras razões (Bourne 2002).

Segundo a norma NP ISO 5492, 2008, a textura é um “conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto na boca, perceptíveis pelos recetores cinestésicos ou somestésicos e, quando aplicável, pelos recetores visuais e auditivos, desde a primeira dentada até à deglutição” (Bourne 2002).

De acordo com Szczesniak (1968), a textura não é mais do que o modo como o alimento se comporta na boca e ao tato. Segundo Kamdem e Hardy (1995), define-se textura como a forma como a estrutura de um alimento é desorganizada durante a mastigação (Bourne 2002).

A mastigação consiste em moer o alimento, reduzindo o tamanho das moléculas que o compõem, sendo misturado com saliva e transferido para o estômago, a uma temperatura próxima da temperatura corporal (Bourne 2002).

Pode-se dividir em três grupos de alimentos, de acordo com a importância da textura na sua aceitabilidade:

1. Alimentos críticos: a textura é o principal atributo contribuinte da qualidade. Exemplos: carne, batatas fritas e flocos de milho.
2. Alimentos importantes: a textura tem um papel significativo na qualidade. No entanto, não se trata do atributo sensorial mais importante na qualidade final do produto. Apresenta-se ao nível do sabor e da aparência. Exemplos: queijos, frutas e legumes.
3. Alimentos menores: a textura não apresenta um papel fundamental ou significativo para a qualidade final do produto. Exemplos: bebidas e sopas finas (Bourne 2002).

Segundo Szczesniak e Kleyn (1963), a textura é um atributo perceptível, apresentando maior evidência em determinados alimentos. Segundo Szczesniak e Kahn (1971), a hora do dia pode influenciar a percepção da textura e do sabor (Bourne 2002). A textura pode ser notada na consistência de um molho, na cremosidade de um iogurte, na aderência de um caramelo, etc (Bourne 2002).

A textura representa um “atributo multidimensional que pode ser percebida, definida e medida pelos humanos” (Mestres, Ribeyre et al. 2011). Deste modo, a avaliação sensorial é fundamental, mas a medição instrumental também é importante (Zhou, Robards et al. 2002). As propriedades de textura relacionam-se com a “deformação, desintegração e fluxo do alimento sob uma força, sendo medidas objetivamente por funções de massa, tempo e distância” (Bourne 2002).

A textura pode ser avaliada por métodos instrumentais, aplicando testes reológicos, ou por métodos sensoriais, recorrendo a painéis de provadores (Moreira 2011). Os métodos instrumentais são mais económicos do que os sensoriais e os resultados obtêm-se mais rapidamente. Para além destas vantagens, os resultados são reprodutíveis, enquanto um provador de um painel pode variar a sua opinião facilmente (Bourne 2002).

Os testes fundamentais não se correlacionam bem com a análise sensorial, ao contrário dos testes empíricos. Para além disso são de execução lenta e utilizam equipamentos de custo elevado. Estes testes são mais utilizados em laboratórios de

pesquisa do que na indústria (Bourne 2002). Na indústria alimentar são frequentemente utilizados testes empíricos uma vez que são fácil e rapidamente executados, para além de utilizarem equipamentos de menor custo. Porém, os testes empíricos apresentam desvantagens como a pobre definição de cada parâmetro medido, a arbitrariedade do teste, bem como, a não existência de um padrão absoluto (Bourne 2002).

A medição instrumental pode ser feita através do método de análise de perfil de textura (TPA), desenvolvido por Szczesniak et al. (1963), com um analisador de textura, também denominado de texturómetro (Duizer, Gullett et al. 1996; Shirani and Ganesharanee 2009). Apesar de existirem procedimentos para a medição da textura, ainda surge a ideia de que não existe uma medição instrumental satisfatória (Bourne 2002).

O texturómetro possui uma sonda que comprime a amostra, de tamanho e forma padrão, existindo um intervalo de tempo entre as compressões. Reprodz-se, desta forma, a ação das dentadas do ser humano, tratando-se de um teste imitativo. Este teste é conhecido por “two bite test” (Moreira 2011). Através desta análise, obtém-se uma curva de força versus tempo, como a representada na Figura 8 (Cruz 2013).

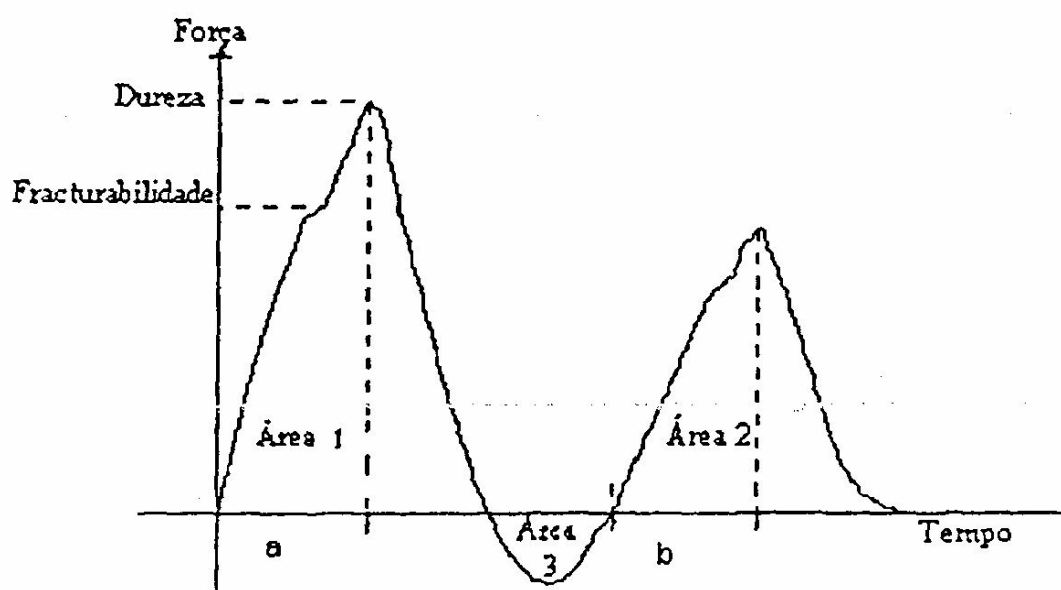


Figura 8 - Texturograma típico de um gel.

Fonte: (Noronha 2007)

Através da curva de teste obtida podem perceber-se vários parâmetros texturais existentes, nomeadamente, a dureza, a aderência, a coesividade, a elasticidade, a gomosidade e a mastigabilidade (Moreira 2011; Cruz 2013). A Tabela 4 apresenta as definições de cada um dos parâmetros texturais.

Tabela 4 – Definições e unidades S.I. dos diversos parâmetros texturais.

Parâmetro textural	Definição
Dureza	Força necessária para obter uma dada deformação. Representada pela força máxima registada no primeiro ciclo de compressão. Unidades S.I.: Newton (N)
Aderência	Trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e as superfícies com as quais este entra em contacto; capacidade dos grãos de arroz de se ligarem uns aos outros. Representada pela área 3 da Figura 8. Unidades S.I.: N.s
Coesividade	Força das ligações internas que definem a estrutura do alimento. Representada pela razão do trabalho realizado no segundo ciclo pelo trabalho realizado no primeiro ciclo, ou seja razão entre a área 2 e a área 1 da Figura 8. Unidades S.I.: adimensional
Elasticidade	Capacidade de retorno ao estado inicial depois da remoção da força que gerou deformação, ou seja, a recuperação do material. Representada pela razão entre as distâncias percorridas pela sonda até se atingir a força máxima em cada uma das curvas, ou seja, razão entre a distância 2 e a distância 1. Unidades S.I.: adimensional.
Gomosidade	Energia requerida para mastigar um semissólido. Obtida a partir da multiplicação entre a dureza e a coesividade. Unidades S.I.: N
Mastigabilidade	Energia requerida para mastigar o alimento de forma a ser engolido. Obtida a partir da multiplicação entre a gomosidade e a elasticidade. Unidades S.I.: N

Fonte: (Civille and Szczesniak 1973; Bourne 2002; Moreira 2011; Cruz 2013)

De entre as características texturais existentes para descrever a qualidade alimentar do arroz cozinhado, a dureza é a mais importante e mais comumente medida (Bello, Baeza et al. 2006).

A textura do arroz, principal atributo da qualidade considerado pelos consumidores, depende de diversos fatores como a variedade do arroz, condições de armazenamento, AC, estrutura da amilopectina, GT, interações intra e/ou intermoleculares de amido com outros constituintes, bem como, métodos de cozedura, pré-cozedura, processamento e armazenamento pós-cozedura (Ong and Blanshard 1995; Zhou, Robards et al. 2002; Gonzalez, Livore et al. 2004; Ma and Sun 2009; Prasert and Suwannaporn 2009; Oikonomou and Krokida 2012; Boluda-Aguilar, Taboada-Rodriguez et al. 2013; Briffaz, Mestres et al. 2013; Lu, Cik et al. 2013).

Para o fabricante, a escolha de amidos que irão reter as suas propriedades de textura após o processamento e armazenamento é extremamente importante (Arocas, Sanz et al. 2010). No mercado podem ser encontrados amidos nativos e modificados de diversas variedades, os quais podem transmitir uma grande variedade de texturas, diferentes graus de cremosidade e de consistência, entre outras características. Este facto deve-se aos diferentes processos mecânicos ou térmicos (Arocas, Sanz et al. 2010). Impedir a deterioração da textura é uma grande preocupação da indústria alimentar (Bourne 2002).

O nível de dureza aumenta com o aumento do AC, ao contrário da viscosidade. Para além disso, o aumento da razão arroz:água provoca um aumento da viscosidade (Zhou, Robards et al. 2002; Srisawas and Jindal 2007).

Arroz com um baixo AC (<20%) caracteriza-se por uma textura macia, pegajoso quando cozido, sendo a amilopectina a causadora desta última característica, quando libertada como resultado da cozedura (Kasai, Lewis et al. 2007). Arroz com alto AC (> 25%) caracteriza-se por apresentar uma textura dura (Ma and Sun 2009). Assim, prevê-se que o teste instrumental de avaliação da textura, bem como o painel sensorial, determine um maior grau de dureza e menor viscosidade nas variedades pertencentes à subespécie *Indica* e um maior grau de aderência nas variedades da subespécie *Japonica*. Em geral, as variedades cozinhadas com uma maior razão arroz:água, ou seja, com uma maior quantidade de água, deverão apresentar maior nível de viscosidade do que as variedades cozinhadas com uma quantidade de água controlada.

Quando o arroz de grãos longos está totalmente cozido, os grãos tendem a permanecer separados, sendo menos viscosos do que os grãos arredondados (Kasai, Lewis et al. 2007).

9. Análise sensorial

A análise sensorial surgiu no século XIX mas a sua importância só começou a ser reconhecida no final da década de 60 do século passado (Moskowitz and Hartmann 2008). Atualmente existe uma grande preocupação por parte dos consumidores em relação à segurança e qualidade dos produtos alimentares e, deste modo, torna-se evidente a importância da análise sensorial, em resposta às necessidades dos consumidores.

A análise sensorial é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações para as características de alimentos e materiais, tal como elas são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. É considerada uma ciência multidisciplinar que se relaciona com diferentes ciências como a ciência alimentar, a psicologia, a fisiologia humana, entre outras (Stone and Sidel 2004).

A Norma Portuguesa (NP) 4263 (1994) define Análise Sensorial como o “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”, sendo, nesse caso, organolética definida como “qualifica uma propriedade de um produto perceptível pelos órgãos dos sentidos” (Noronha 2003). Não existindo nenhum instrumento analítico capaz de substituir os sentidos humanos, a análise sensorial constitui um instrumento de medida científica. Esta ciência pode ser aplicada na investigação e desenvolvimento de novos produtos, testes de tempo de vida útil, controlo da qualidade, testes de mercado, etc. Para determinar o sucesso de um produto no mercado, os testes devem ser realizados com consumidores que representem o público-alvo ou com potenciais consumidores do produto (Kemp and Comm 2008).

A análise sensorial é essencial uma vez que permite aos investigadores e industriais prever a opinião e atitude dos consumidores, nomeadamente a sua intenção de compra (Stone and Sidel 2004). O profissional sensorial deve analisar e interpretar as respostas para que se possa antever o impacto do produto no mercado (Kemp and Comm 2008).

É extremamente importante compreender e determinar as propriedades sensoriais de um novo produto ou de um produto já existente, no controlo da qualidade. No entanto, a análise sensorial pode apresentar como desvantagens o elevado custo e a criação e manutenção de um painel de provadores (Noronha 2003; Cruz 2013).

Só se aplica um determinado método de avaliação sensorial depois de definido o propósito do teste. O método, os participantes e as análises estatísticas devem ser selecionadas adequadamente. A aplicação de testes sensoriais específicos é indispensável (Bolini, Franco et al. 2004).

Existem dois tipos de testes: analíticos (discriminação e descrição) e afetivos ou hedónicos. Os primeiros são executados por um painel treinado e fornecem dados sobre as características dos produtos. Os segundos aplicam-se para saber a aceitabilidade ou preferência de um produto por parte de consumidores ou provadores não treinados (Lawless and Claassen 1993).

Na análise descritiva o painel foca-se em atributos específicos do produto, colocando as preferências pessoais de parte. Diferentemente, num teste afetivo, as reações do painel são normalmente imediatas e baseadas num estímulo sensorial, uma vez que os provadores se restringem a interpretar as suas impressões (Lawless and Claassen 1993).

Os principais fatores da qualidade nos produtos alimentares são aparência, flavor, textura e composição nutricional. Este último não é percebido pelos sentidos, ao contrário dos restantes, os quais constituem fatores de aceitabilidade sensorial. A aparência engloba a cor, o tamanho, a forma e o brilho do alimento. O flavor constitui um sentido químico e compreende o gosto e o odor, percebidos na língua e no centro olfativo, respetivamente. A textura é, sobretudo, percecionada pelo tato. No entanto, também é percebida pela visão e pela audição. A composição nutricional deve ser a mais completa e equilibrada possível, reunindo os nutrientes principais e os micronutrientes (Stone and Sidel 2004).

Os atributos sensoriais são percebidos através dos sentidos, em consequência dos sinais gerados nas terminações nervosas que são, posteriormente, transmitidos para o cérebro através do sistema nervoso central (SNC). Os cinco sentidos existentes são a visão, o olfato, o tato, o palato e a audição (Barham 2001).

As principais características da cor que podem ser percebidas pela visão são o tom ou matiz, a saturação ou grau de pureza e a luminosidade ou brilho. A sensação visual é gerada e percebida devido à incidência de um sinal luminoso na retina que provoca impulsos elétricos, os quais são conduzidos ao cérebro através do nervo ótico (Barham 2001). A aparência é o principal fator em que o consumidor se baseia na sua escolha inicial, sendo a cor muito relevante (Lavin and Lawless 1998). A cor e a aparência influenciam a apreciação dos alimentos (Stone and Sidel 2004).

Os odores são percebidos graças aos recetores nervosos localizados na mucosa do nariz e ao bulbo olfativo que está ligado ao cérebro (Barham 2001). O olfato é mais complexo que o paladar (Halpern 2008). “O provador deve aproximar a amostra de uma das narinas e realizar curtas inalações de tal forma que evite o cansaço olfativo provocado por adaptação”. Este pode ser amenizado cheirando o antebraço, uma peça de roupa ou outro aroma que neutralize o cheiro anterior (Landívar 2001).

Com o tato é possível avaliar facilmente a textura de um objeto ou alimento, sendo definido como toda a sensibilidade cutânea humana (Barham 2001).

A audição é um processo acionado em resposta a um estímulo sonoro e os sons podem ser familiares ao consumidor (Stone and Sidel 2004).

O palato ou o gosto, sentido na boca, permite avaliar o sabor dos alimentos, sendo que a língua possui uma membrana que contém as papilas gustativas (Barham 2001). O paladar permite saborear o alimento e perceber uma ampla gama de sabores em resposta a vários estímulos. A língua, principal órgão responsável pelo paladar, está coberta por uma membrana cuja superfície contém as papilas gustativas, que possuem, por sua vez, células sensoriais que transmitem informações ao cérebro, permitindo a este identificar os sabores básicos (Landívar 2001).

O aroma e o flavor relacionam-se com o sabor e o olfato. O aroma é determinado pelos compostos voláteis percebidos no nariz, por via retro nasal, quando os alimentos se encontram na boca. O flavor é a combinação da percepção das sensações olfativas, gustativas e trigeminais (sensações de dor, adstringência – sensação complexa resultante da contração da superfície da mucosa bucal – e temperatura) durante a degustação (Landívar 2001).

Existem cinco sabores básicos: doce, azedo, amargo, salgado e *umami* (Barham 2001). O *umami* deriva do japonês e significa saboroso. É identificado por

recetores TmGluR4 que estão espalhados pela língua e provocado pelo aminoácido glutamato monossódico, industrializado para intensificar o sabor dos alimentos (Zhao, Zhang et al. 2003). Na superfície da língua encontram-se espalhados 5 tipos diferentes de recetores, todos calibrados para detetar um dos sabores básicos (Chandrashekar, Hoon et al. 2006).

É necessário muito tempo para construir um painel, preparar as amostras para os ensaios, analisar e reportar os dados sensoriais (Lawless and Heymann 2010). O investigador deve definir o propósito do estudo, o tamanho de uma porção normal do produto, quantos atributos devem ser avaliados, entre outras questões (Aguado 2001).

O investigador é responsável por preparar e apresentar as amostras. As pessoas que preparam as amostras não devem pertencer ao painel de provadores (Aguado 2001).

As características dos provadores e as condições ambientais devem ser normalizadas. Segundo a NP 4258:1993, o local onde serão realizadas as provas de análise sensorial deve ter, no mínimo, um local de ensaio que permita o trabalho individual e/ou em grupo e um local para a preparação das amostras. Também é desejável a existência de um gabinete administrativo, um vestiário, um local de relaxe, bem como, instalações sanitárias. Poderá, ainda, ser necessário um local para a receção e codificação de amostras, separado da zona de preparação das mesmas, um local próprio para o armazenamento das amostras quando a sua quantidade não permitir o armazenamento na zona de preparação e uma sala de espera (Noronha 2003). Assim, a sala de provas deve ser contígua mas separada do local de preparação das amostras. Na Figura 9 pode visualizar-se um exemplo de um laboratório de análise sensorial.

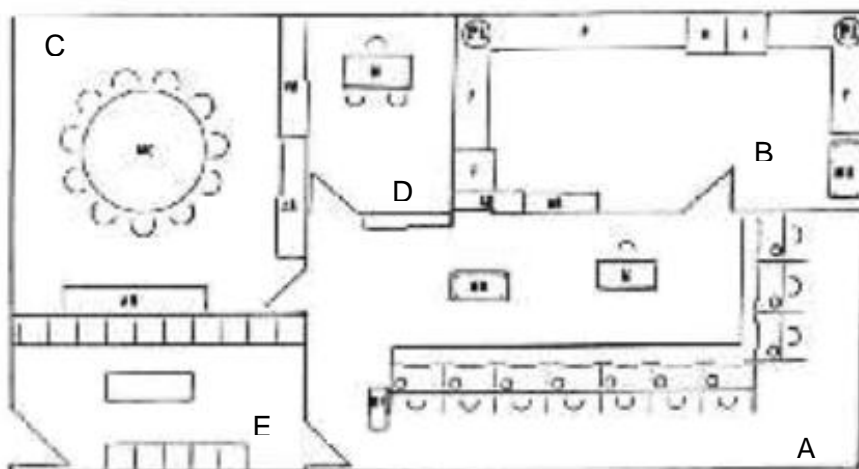


Figura 9 – Exemplo de laboratório de análise sensorial.

A) Cabines individuais; B) Sala de preparação; C) Sala para provas em grupo; D) Gabinete administrativo; E) Sala de espera.

Fonte: (Noronha 2003)

A área de preparação das amostras deve ser planeada conforme o tipo e quantidade de produto, o tipo de equipamento necessário, entre outros fatores. Esta zona deve ser bem ventilada e localizar-se na vizinhança do local de ensaio. Os pavimentos, paredes, tetos e mobiliários devem ser de fácil limpeza e manutenção e deve estar garantido espaço suficiente para o armazenamento de alimentos que requerem condições especiais (Stone and Sidel 2004).

Os recipientes e utensílios devem ser de materiais inertes e que evitem contaminações e adulterações. O material utilizado não deve libertar compostos voláteis, como é o caso do plástico, e não deve mascarar os alimentos ou possuir características absorventes, como a madeira. Os utensílios de vidro, porcelana, alumínio ou determinados descartáveis são os indicados. Por exemplo, os copos de isopor são descartáveis e facilmente etiquetados com marcador ou papel autocolante. No entanto, afetam as características do sabor de bebidas quentes (Lawless and Heymann 2010).

As cabines de prova, individualizadas, uniformes e com espaço suficiente, devem ser insonorizadas e inodoras e possuir uma cor e iluminação adequadas para não influenciar a avaliação sensorial. Devem estar equipadas com cadeiras confortáveis, de materiais laváveis e, devem possuir água potável corrente. Para além dos pontos referidos, a temperatura e a humidade devem ser constantes e controláveis ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ / 50-55%) (Stone and Sidel 2004).

O número de amostras deve ser preestabelecido. A prova de um elevado número de produtos pode provocar saturação e problemas de memória a curto prazo. Devem ser apresentadas aleatoriamente e de forma equilibrada. Cada amostra deverá ser codificada com três dígitos (Nicod, Clément et al. 1998). A temperatura do alimento pode alterar algumas perceções sensoriais, por isso, este deve ser servido à temperatura normal de consumo. Pode ser notória a dificuldade em comparar produtos que necessitam de um rigoroso controlo de temperatura ou que possuam características sensoriais persistentes. A quantidade das amostras deve ser constante ao longo das sessões e suficiente para uma conclusão. O período de tempo entre a apresentação das mesmas deve ser o mais constante possível (Aguado 2001; Stone and Sidel 2004). O tamanho da amostra afeta a classificação de intensidade atribuída às características de textura. No entanto, é melhor que na existência de erro na quantidade de amostra seja por excesso do que por falta (Cardello and Segars 1989).

As provas não devem ser realizadas em horas próximas das refeições. No entanto, pode afirmar-se que a hora para a realização das mesmas difere consoante o ritmo biológico de cada provador, sendo a melhor hora a que o provador se encontra mais acordado e com as suas capacidades mentais no máximo (Noronha 2003).

Entre análises deve-se lavar a cavidade bucal com água à temperatura ambiente ou alimentos de sabor neutro como bolachas de água e sal (limpadores de palato) (Noronha 2003).

9.1. Análise sensorial descritiva

No final do século XX e início do século XXI, a aplicação da análise sensorial descritiva cresceu. Esta permite medir a reação sensorial aos estímulos resultantes do consumo de um produto e, ainda, descrever características qualitativas (aparência, aroma, sabor, textura e som) e quantitativas (intensidade de cada atributo) (Stone and Sidel 2004; Lawless and Heymann 2010).

A análise sensorial descritiva tem sido utilizada em investigações, permitindo estabelecer correlações com medições analíticas e, deste modo, ajuda a explicar mudanças e a compreender mecanismos subjacentes (Stone and Sidel 2004).

A que sabe o produto, de que modo a qualidade do produto difere de outro, quais as consequências de uma modificação no processo, formulação, embalagem ou condições de armazenamento a nível sensorial são questões a que a análise sensorial

descritiva responde. Deste modo, através deste tipo de análise obtém-se a caracterização de atributos sensoriais complexos dos produtos e da sua intensidade (Civille and Szczesniak 1973; Noronha 2003).

Os métodos associados à análise sensorial descritiva são denominados por perfis sensoriais. Existem vários métodos de perfil sensorial, nomeadamente, o Perfil de gosto, o Perfil de textura, a análise descritiva quantitativa (QDA®), o Perfil de escolha livre, entre outros (Noronha 2003).

O método QDA®, desenvolvido por Stone, Sidel et al. 1974, apresenta como objetivo a descrição de um produto recorrendo a um número mínimo de palavras e a um máximo de eficácia, permitindo comparar com outras descrições efetuadas para produtos diferentes pertencentes à mesma família (Noronha 2003).

Para realizar a análise sensorial através do QDA®, primeiramente há que proceder à procura de um “número mínimo de descritores que permitam o fornecimento do máximo de informação sobre um dado produto”. A equipa sensorial deve desenvolver os descritores de forma consensual, selecionando os termos mais frequentemente citados e, posteriormente, deve organizar os conceitos. Assim, antes do treino, os provadores utilizam as suas próprias palavras para avaliar o produto de forma qualitativa, descrevendo a perceção, e quantitativa, definindo a intensidade. Na norma ISO 11035:1994 está presente a metodologia para a identificação e seleção de descritores de modo a estabelecer um perfil sensorial (Noronha 2003).

O treino de um painel inicia-se com o desenvolvimento de uma linguagem comum, com o objetivo de descrever os atributos de um produto. O painel pode adotar, por vezes, uma linguagem já existente. No entanto, é possível que surjam dificuldades de interpretação e compreensão de determinados termos. Apesar disso, poderão existir definições completas e normas que resolvam algumas destas dificuldades (Hunter and McEwan 1998).

Os descritores devem ser pertinentes, exaustivos, independentes e precisos, evitando qualquer ambiguidade ou redundância, em número suficiente mas não extenso. Deste modo, serão facilitados o processamento dos dados e a interpretação dos resultados, bem como, a realização das provas sensoriais por parte do painel (Noronha 2003).

Posto isto, há que classificar o produto segundo cada atributo numa escala de intensidade, portanto, os descritores devem ser quantificáveis. Por fim, a partir do

conjunto dos descritores quantificados, é elaborado o perfil sensorial do produto. Após a realização do QDA®, os resultados obtidos podem ser relacionados com a informação referente à aceitação do produto pelo consumidor ou com dados físico-químicos (Noronha 2003).

Pelo facto da análise sensorial descritiva ser muito exigente, foram surgindo alternativas, as quais não necessitam de uma fase de treino. Estes métodos são muito úteis quando se pretende obter a avaliação sensorial de um conjunto de produtos alimentares (Lawless and Heymann 2010; Nestrud and Lawless 2010; Dehlholm, Brockhoff et al. 2012). Das novas práticas sensoriais nomeia-se o teste de Ordenação, o teste de Perfil Rápido, entre outros (Dairou and Sieffermann 2002).

Os autores de estudos nos quais existe uma comparação entre o Perfil Rápido e o QDA® afirmaram que ambos produzem mapas de produtos semelhantes. Porém, segundo os mesmos, por vezes é difícil interpretar os termos sensoriais, pelo seu elevado número e devido à falta de definições e procedimentos de avaliação. O facto de os provadores chegarem a um consenso acerca dos descritores, no método QDA®, permite obter uma descrição dos produtos mais precisa (Delarue and Sieffermann 2004).

III. Material e Métodos

1. Local

Todas as análises instrumentais, assim como, a análise sensorial individual, foram realizadas no laboratório da empresa Ernesto Morgado, S.A., localizado em Alqueidão, próximo da Figueira da Foz. As provas de análise sensorial realizadas com um painel de provadores foram realizadas no laboratório de análise sensorial, Sense Test, Lda., situado em Vila Nova de Gaia.

2. Amostras

Foram consideradas amostras de dois tipos:

- Variedades comerciais correntes, capazes de traduzir a diversidade de arroz existente no mercado nacional:
 - *Indica* (Agulha puro, de origem Guiana);
 - *Japonica* (Carolino da variedade Ariete, a mais comum e de melhor qualidade, de origem nacional);
 - *Indica* híbrido (Agulha Europeu, de origem nacional);
 - *Japonica* (variedade Carnaroli, para risoto);
 - Aromático (Basmati, origem Índia);
 - Aromático (Jasmim, origem Tailândia – Thai jasmim);
 - Vaporizado (de Agulha Europeu, origem Espanha ou Grécia).
- Novas variedades em desenvolvimento no INIAV, tendo sido selecionadas quatro, por uma equipa deste instituto, com base nos rendimentos agrícolas, biometria e, conseqüente potencial interesse comercial. Estas variedades são identificadas por códigos de cultura:
 - OP1001
 - OP1109
 - OP1203
 - OP1212

Na Figura 10 pode visualizar-se algumas das variedades referidas, em cru.



Figura 10 – A) Carolino Ariete; B) Agulha Guiana; C) Agulha vaporizado; D) Basmati.

Os tempos de cozedura utilizados não foram todos iguais por motivos de utilização prática. Do ponto de vista de determinação de parâmetros como a absorção de água padrão que caracterizam o arroz de um ponto de vista fundamental, devem todas as amostras ser cozinhadas exatamente o mesmo tempo em exatamente a mesma quantidade de água (que deve estar em excesso).

Contudo, em termos de utilização prática o arroz é cozinhado o tempo necessário nas proporções água-arroz adequadas para obter o resultado pretendido. Consequentemente, para análise do produto, sensorial, de textura, etc, é importante efetuar uma cozedura durante um tempo ajustado para atingir uma qualidade sensorial comparável em todas as variedades.

Há ainda uma terceira razão para alguns produtos terem mais tempos de cozedura diferentes que se aplica a pasteurizados e esterilizados. Como estas tecnologias de conservação implicam um aquecimento significativo, as amostras podiam até nem ser cozinhadas antes do processamento; contudo isso não permite atingir bons resultados de qualidade, mas pode ser diminuído o tempo de cozedura. Todas as variedades foram submetidas a uma cozedura de 12 minutos e a uma cozedura adaptada, com período de tempo ajustado. Após cada cozedura, as

amostras foram analisadas em termos de textura e propriedades sensoriais. Posteriormente sofreram diferentes processos de conservação: refrigeração, congelação, pasteurização, esterilização e secagem.

Da mesma forma, as variedades desenvolvidas no INIAV foram analisadas em termos de textura e propriedades sensoriais, sendo depois submetidas aos diferentes processos de conservação.

Todas as variedades foram sujeitas a três testes de absorção da água.

3. Absorção da água

Para cada variedade, em cru e cozida sob as diferentes proporções arroz:água, foi realizado o estudo da absorção da água. A absorção da água afeta a qualidade do arroz cozido e difere conforme as variedades. Por isso, é importante proceder à sua medição de forma a correlacionar o resultado com as características físicas, químicas e sensoriais das mesmas.

Este estudo dividiu-se em três testes, permitindo estudar a absorção da água do amido nativo (teste 1), a absorção da água por parte do arroz gelatinizado (teste 2) e a absorção da água do arroz totalmente cozido, ou seja, a água que o arroz absorveu durante a cozedura (teste 3).

Para a análise dos parâmetros de absorção de água, do ponto de vista analítico, a cozedura deve ser realizada em condições exatamente iguais para todas as variedades. No entanto, do ponto de vista prático, não se cozinha todo o tipo de arroz durante o mesmo tempo nem com a mesma quantidade de água, ou seja, os tempos e as proporções arroz:água são ajustados à necessidade, de modo a que o arroz não fique cru ou sobrecozinhado. Consequentemente houve interesse em analisar a absorção de água com diferentes métodos. Foram aplicados:

- Métodos padrão adaptados conforme o definido em análises de cariz oficial, em condições iguais para todas as variedades.
- Métodos ajustados, de acordo com as necessidades de cada variedade, procurando obter um resultado final homogéneo em termos de grau de cozedura.

3.1. Teste 1 – Absorção de água do amido nativo

Este teste foi realizado com o intuito de classificar as características do amido relativamente à sua capacidade de absorção, bem como, correlacionar o resultado obtido com a razão amilose/amilopectina, mais tarde. Este método baseia-se no utilizado por Medcalf e Gilles (1965). No entanto, foi aplicado com algumas modificações.

Materiais:

- Copo ou gobelé;
- Agitador magnético (Heidolph MR 3001);
- Íman;
- Escorredor;
- Balança analítica (Mettler Toledo).

Procedimento:

1. Colocou-se 10 g de arroz em 150 mL de água, num recipiente sob agitação;
2. Deixou-se sob agitação, sem aquecimento, durante 20 horas (Figura 12);
3. Escorreu-se bem o arroz (Figura 11);
4. Pesou-se o arroz.



Figura 11 – Amostra de arroz a escorrer.



Figura 12 – Amostra sob agitação.

O Water Binding Index (WBI) do amido é igual à diferença de peso final e inicial sobre o peso inicial (Medcalf and Gilles 1965):

$$WBI = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial})}{\text{peso inicial}}$$

3.2. Teste 2 – Absorção de água com gelatinização

Este teste segue o raciocínio do teste 1. No entanto, diferencia-se no facto de se medir a absorção da água depois dos grãos de arroz sofrerem o processo de gelatinização, graças à submersão em água a uma elevada temperatura, neste caso, 100°C.

Materiais:

- Copo ou gobelé;
- Balança analítica (Mettler Toledo);
- Fogão indutor (Bartscher IK 30TC);
- Panela adequada a indução;
- Colher;
- Temporizador;
- Escorredor;
- Termómetro.

Procedimento:

1. Colocou-se 50 g de arroz em 750 mL de água, num recipiente (a quantidade de arroz foi aumentada uma vez que teve de ser ajustada à panela e ao fogão; utilizando 10 g ocorria muita perda de água e parte do arroz, o que se encontrava à superfície, acabava por não estar em contacto com a água durante os 20 minutos de cozedura);
2. Aqueceu-se, mexendo, até ser atingida a ebulição;

3. Seguidamente, deixou-se em “lume brando”, mantendo a ebulição (posição 2 do fogão de indução), durante 20 minutos;
4. O arroz foi escorrido e deixado a arrefecer aproximadamente até à temperatura ambiente. A temperatura do arroz foi verificada recorrendo a um termómetro. Registou-se o peso final do arroz depois de estabilizado.

O Water Absorption Index (WAI) é igual à razão entre a diferença de peso e o peso inicial:

$$WAI = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial})}{\text{peso inicial}}$$

3.3. Teste 3 – Absorção de água na cozedura

Os testes 1 e 2 não dão indicação da qualidade culinária, uma vez que no primeiro o amido não sofre gelatinização, ou seja, o arroz não é cozido e, no segundo, o arroz é cozido em excesso de água para se verificar a sua capacidade de absorção máxima, estando a cozer durante 20 minutos. Deste modo, houve a necessidade de aplicar o teste 3, que permitiu medir a absorção de água na cozedura, sendo esta realizada de acordo com os métodos-padrão utilizados na empresa, ou seja, com quantidade de água e tempo de cozedura ajustados. Assim, os resultados obtidos darão indicação da qualidade culinária e poderão ser relacionados posteriormente com os resultados dos testes sensoriais. Apenas as variedades de arroz submetidas ao presente teste foram sujeitas à avaliação instrumental da textura e à análise sensorial em termos de aspeto, odor, sabor e textura, quer acabadas de cozer, quer após sofrerem os diversos métodos de conservação anteriormente descritos.

Materiais:

- Copo ou gobelé;
- Balança analítica (Mettler Toledo);
- Fogão indutor (Bartscher IK 30TC);
- Panela adequada a indução;
- Colher;
- Temporizador;

- Escorredor;
- Termómetro.

Procedimento:

1. Procedeu-se à cozedura em fogão de indução;

De acordo com os métodos-padrão desenvolvidos pela empresa, para as variedades Carolino Ariete, agulha (Guiana), agulha (Europeu), Basmati e Thai jasmim, a proporção arroz:água é de 1:2, sendo o tempo de cozedura de cerca de 12 a 15 minutos. O tempo de cozedura do arroz agulha vaporizado é de, aproximadamente, 15 a 20 minutos, na proporção arroz:água de 1:2,5. O Carnaroli é cozido em excesso de água durante 15 a 18 minutos. Todas as amostras foram cozinhadas segundo as recomendações próprias para cada tipo de arroz, que se baseiam na experiência culinária devidamente reconhecida para obter arroz cozido.

2. Escorreu-se o arroz e deixou-se a arrefecer até se atingir a estabilização do peso, a qual coincidiu aproximadamente quando o arroz atingiu a temperatura ambiente. Posto isto, pesou-se o arroz.

Para diferenciar a fórmula de cálculo do presente teste da fórmula do teste anterior, assume-se Water Cooking Absorption Index (WCAI). Este é igual à razão entre a diferença de peso e o peso inicial:

$$WCAI = \frac{(peso\ final - peso\ inicial)}{peso\ inicial}$$

4. Processos de cozedura

As amostras foram cozinhadas em fogão de indução, de acordo com os métodos-padrão desenvolvidos pela empresa (referidos anteriormente) e idênticos aos usados pelo consumidor português. Também se procedeu à cozedura de todas as variedades durante 12 minutos, na proporção 1:2 (arroz:água), para que o fator tempo de cozedura fosse comum a todas e, desta forma, se pudesse tirar determinadas conclusões.



Figura 13 – Balança analítica.



Figura 14 – Fogão de indução.

Materiais:

- Copo ou gobelé;
- Balança analítica (Mettler Toledo) (Figura 13);
- Fogão indutor (Bartscher IK 30TC) (Figura 14);
- Panela adequada a indução;
- Colher;
- Temporizador;
- Escorredor.

Procedimento:

1. Foram pesados 150 g de arroz (quantidade suficiente para a realização das réplicas pretendidas para a análise sensorial e da textura);
2. Colocou-se a água a ferver, de acordo com a proporção desejada, e adicionou-se o arroz quando esta entrou em ebulição;
3. Ao colocar o arroz programou-se o fogão de indução na posição 2 correspondente à potência. Decorridos seis minutos retirou-se da posição 2 e programou-se de modo a dar continuidade à cozedura, a uma temperatura de 80°C. Como foram efetuadas medições da quantidade de arroz e da

quantidade de água, a tampa da panela não foi retirada por completo, ou seja, ficou a tapar parte da panela, de modo a que não se perdesse muita água por evaporação;

4. Após a cozedura deixou-se a tampa colocada cerca de cinco minutos para que ocorresse a estabilização da humidade dos grãos, ou seja, para que não houvesse grãos mais secos na parte superior e grãos mais húmidos na inferior (Brites, Guerreiro et al. 2004);
5. Para verificar o estado de cozedura do arroz foram extraídos três grãos do meio da panela e comprimidos entre duas placas, tal como se pode verificar na Figura 13.

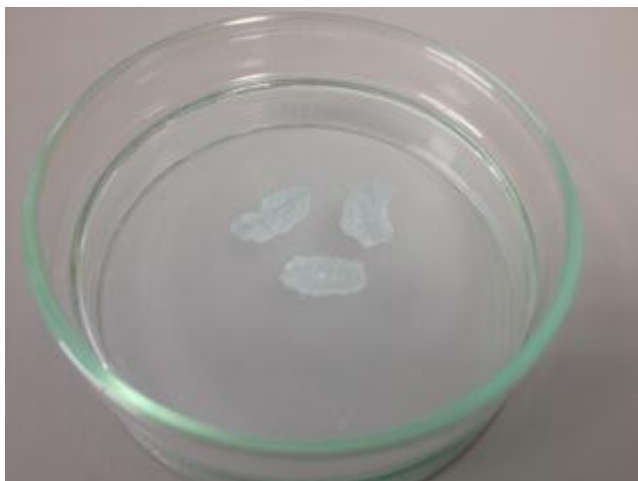


Figura 13 - Verificação do estado da cozedura de uma amostra de arroz.

A quantidade de água é geralmente ajustada para melhorar a textura do arroz cozido com base na preferência pessoal. No entanto, não há nenhuma maneira universal de selecionar a relação arroz:água para uma dada variedade (Srisawas and Jindal 2007).

5. Métodos de conservação

5.1. Refrigeração e Congelação

Materiais:

- Recipiente ou embalagem de plástico;

- Frigorífico;
- Congelador.

Procedimento:

1. As amostras foram colocadas a refrigerar, a 4°C, num frigorífico convencional, durante 24 horas, logo após a cozedura (independentemente de esta ser de 12 minutos ou adaptada). Na Figura 14 é possível visualizar um exemplo de uma amostra embalada pronta a ser refrigerada.

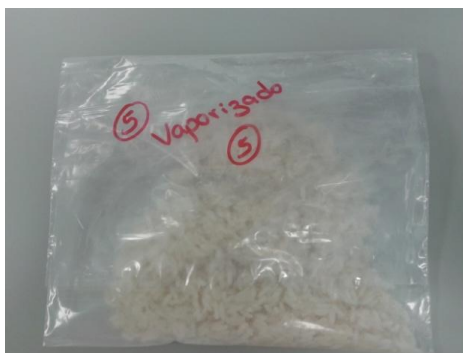


Figura 14 - Amostra que vai ser colocada a refrigerar ou congelar.

2. Procedeu-se de igual forma para a congelação. Porém, após as 24 horas em congelação, num congelador convencional, as amostras foram transferidas para refrigeração, com o intuito de descongelarem antes de serem submetidas a um reaquecimento. A temperatura de congelação foi de $-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

5.2. Pasteurização

Materiais:

- Autoclave (ajc Uniclave 88);
- Recipiente ou embalagem de plástico;
- Termopar;
- Frigorífico.

Procedimento:

1. As amostras foram colocadas numa autoclave vertical de laboratório;
2. Para se conseguir verificar as sucessivas temperaturas no ponto crítico, ou seja, no ponto de aquecimento mais lento, o centro do arroz, foi necessário colocar um termopar neste ponto. Deste modo, foram efetuados os estudos para determinar o binómio tempo-temperatura a usar, sendo que se pretendia obter um valor de $F_0 = 10$, utilizando uma temperatura máxima de 95°C.
3. As embalagens, depois de pasteurizadas, foram armazenadas em refrigeração até serem analisadas, o que correspondeu a cerca de 20 horas nestas condições.

5.3. Esterilização

Materiais:

- Autoclave (Uniclave 88);
- Embalagens adequadas à esterilização e próprias para microondas, banho-maria e forno, utilizadas pela empresa para alguns dos seus produtos (Figura 15);

Procedimento:

1. Recorrendo a uma tecnologia semelhante à usada nas conservas e enlatados, a esterilização foi realizada numa autoclave estática que efetuou os registos do tempo, da temperatura e da pressão, no seu interior durante o processo. Em cada embalagem também foi possível obter os mesmos registos através da sonda introduzida no interior desta. O tempo, a temperatura e a pressão do interior da autoclave e do interior da amostra, também foram registados no ponto de menor letalidade.
2. As embalagens, depois de esterilizadas, foram conservadas à temperatura ambiente, sem necessidade de refrigeração.



Figura 15 - Amostras prontas a esterilizar.

As amostras submetidas a cada um dos processos de conservação anteriormente referidos foram analisadas em termos sensoriais e de textura, após o seu reaquecimento em microondas. O reaquecimento foi realizado a aproximadamente 800W, durante 2 minutos.

5.4. Secagem

Para realizar o processo de secagem das amostras de arroz foram tidos em conta alguns estudos anteriormente realizados na empresa neste âmbito.

Materiais:

- Balança analítica (Mettler Toledo);
- Fogão de indução (Bartscher IK 30TC);
- Temporizador;
- Escorredor;
- Espátula de silicone;
- Secador a ar quente (S&P CK-60F) (Figura 16);
- Medidor da atividade da água (aW) (Figura 17).

Procedimento:

1. Antes de submeter as amostras à secagem, estas foram pesadas e pré-cozidas durante 8 minutos, na proporção 1:4 (arroz:água);
2. Após a pré-cozedura, a água em excesso foi removida com o escorredor plástico;
3. Posteriormente, o arroz foi distribuído pelos cestos do secador com a ajuda da espátula de silicone, para que a camada de grãos de arroz em cada compartimento não fosse muito alta;
4. Ligou-se o secador a uma temperatura de aproximadamente 27°C até que o processo de secagem terminasse. A duração da secagem variou conforme as variedades, sendo que o processo terminava sempre que a amostra alcançava um valor de atividade da água inferior a 0,6.

Pretendia-se um valor de a_w inferior a 0,6, para que se garantisse que não haveria crescimento de microrganismos, uma vez que quando o a_w está próximo desse valor, apenas existe crescimento numa pequena proporção.



Figura 16 - Secador.



Figura 17 - Medidor da atividade da água (a_w).

Após a secagem procedeu-se à rehidratação do arroz através de uma cozedura de 8 minutos, em excesso de água. No final da cozedura escoou-se a amostra e procedeu-se de imediato à análise sensorial e da textura.

6. Textura

Para todas as amostras das diferentes variedades que sofreram cozedura, independentemente do tipo de cozedura, foram realizados ensaios de textura. A textura foi avaliada segundo o método de Análise de Perfil de Textura (TPA), com recurso a um texturómetro (Figura 18).

O procedimento adotado para os testes de TPA foi o utilizado pela empresa num estudo anteriormente realizado pela mesma. O teste utilizado é conhecido por “*two bite test*”, ou seja, a sonda atua duas vezes na amostra, existindo um intervalo de tempo entre as duas compressões, reproduzindo a ação de duas dentadas (Moreira 2011; Cruz 2013).

O modelo do analisador de textura utilizado foi o LFRA Texture Analyzer, Brookfield, USA. A força aplicada foi sendo registada em função do tempo, através do programa instalado no computador. Os testes foram realizados utilizando uma célula de carga com um peso de aproximadamente 0,1 kg, e uma sonda com 25 mm de diâmetro.

Um estudo anteriormente realizado na empresa permitiu selecionar o melhor método para a realização de testes ao arroz no texturómetro. Os métodos usados diferem consoante os autores. Uns utilizam três grãos de arroz, outros utilizam 1 g ou 5 g de arroz. O método mais adequado foi escolhido analisando o valor da força necessária à compressão aquando da mastigada e o valor do desvio padrão para cada um dos diferentes métodos. O desvio padrão foi menor para o método dos 5g. Deste modo, após a cozedura de cada amostra, foram pesados, a partir do centro da panela, 5 g de arroz. Com o auxílio de uma espátula, os grãos cozidos foram cuidadosamente dispostos num suporte apropriado, com forma cilíndrica e em inox.

Antes do TPA propriamente dito, foi efetuada uma compressão até que a força atingisse o valor máximo de 100 g, para que a disposição dos grãos no suporte cilíndrico se tornasse o mais uniforme possível. Os parâmetros que caracterizaram a compressão aplicada, de um ciclo, foram tempo de espera de 10 segundos, tempo de recuperação de 0 segundos, ponto gatilho de 10 g e velocidade de 0,5 mm/s.



Figura 18 -
Texturómetro.

Após a compressão de um ciclo, foi realizado o teste de TPA. Os parâmetros que caracterizaram os testes foram os seguintes: compressão de dois ciclos, ponto gatilho de 4 g, velocidade da sonda de 0,5 (mm/s), distância de compressão 5 (mm) e tempo entre cada “mastigação” de 0 segundos. O processo foi repetido três vezes para cada variedade de arroz. Os valores dos parâmetros referidos foram escolhidos de acordo com as recomendações do fabricante e de resultados obtidos em estudos preliminares.

Alguns dos parâmetros texturais obtidos a partir das curvas de teste elaboradas pelo software foram a dureza, a coesividade, a aderência, a elasticidade, a gomosidade e a mastigabilidade. Na Figura 19 pode-se visualizar um exemplo de uma curva de TPA de uma amostra de arroz.

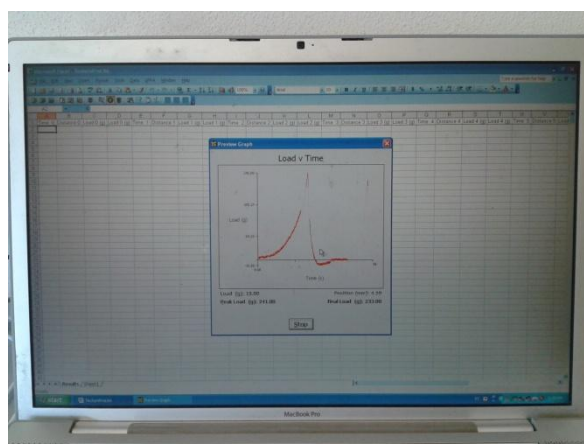


Figura 19 - Curva de TPA de uma amostra de arroz.

A análise da textura recorrendo ao texturómetro foi realizada de forma a prever a avaliação sensorial de alguns dos atributos relacionados com a mesma.

Como estão em questão propriedades físicas existe uma correlação com a qualidade alimentar. Deste modo, as propriedades referidas podem ser avaliadas utilizando testes sensoriais.

7. Análise sensorial

7.1. Análise sensorial realizada na empresa Ernesto Morgado, S.A.

Para qualquer variedade de arroz foi aplicada uma avaliação sensorial “pessoal” e descritiva, baseada no modelo interno de avaliação organolética da

empresa Ernesto Morgado, S.A. (Anexo I). Esta avaliação foi realizada ao arroz acabado de cozer e ao arroz cozido e conservado por diferentes métodos, após o seu reaquecimento, para cada processo de cozedura.

Os atributos sensoriais avaliados foram:

- Aparência;
- Coesividade;
- Dureza ao trincar;
- Comportamento ao mastigar;
- Sabor;
- Aroma;
- Alongamento dos grãos;
- Apreciação global.

Para cada atributo foi atribuído um valor característico da escala categorizada correspondente.

O custo e tempo requeridos para uma extensa análise sensorial, com um painel de provadores, não permite fazer uma análise tão extensa como a realizada com a textura ou absorção de água. Assim, este trabalho tem duas fases:

- A análise pessoal e expedita de todas as amostras;
- A seleção, com base em todos os resultados, de algumas amostras para análise extensa com painel.

A análise pessoal foi realizada aplicando uma prova informal em laboratório, ainda que a bancada de um laboratório possa não ser um bom local devido à possibilidade de surgirem distrações, odores concorrentes, bem como, pelo facto da luminosidade não ser padronizada. Também os sentidos do criador podem não ser representativos das pessoas que irão comprar o produto (Lawless and Heymann 2010).

7.2. Análise sensorial realizada na empresa Sense Test, Lda

Numa fase posterior do trabalho, utilizando a análise sensorial descritiva, foram analisadas algumas das variedades em estudo. As provas realizaram-se no laboratório de análise sensorial Sense Test, Lda., localizado em Vila Nova de Gaia.

As amostras analisadas foram três variedades de arroz comercializadas pela empresa e duas variedades do INIAV: agulha (Guiana), agulha vaporizado, carolino (Ariete), OP 1001 e OP 1212. Para além destas, foi analisada uma amostra de arroz de milho, comercializada com a marca Pato Real Minuto. Esta amostra sofreu esterilização de acordo com o processo da empresa Ernesto Morgado, S.A. e foi confeccionada com arroz carolino. Admitiu-se esta amostra como a amostra de referência, pois trata-se de um produto que define arroz de qualidade, sofreu um processo diferente de todas as restantes amostras e que importa comparar com as mesmas.

Para avaliar a intensidade dos atributos sensoriais das amostras, esterilizadas após cozedura de 5 minutos e refrigeradas após cozedura adaptada, foi utilizada, como já foi referido, a análise sensorial descritiva, mais precisamente, a análise descritiva quantitativa (QDA®).

As provas realizaram-se em duas sessões, tendo sido realizadas por volta das 17:30 e as 18:00 horas. A sessão do primeiro dia serviu para provar as amostras refrigeradas enquanto no segundo dia, foram provadas as amostras esterilizadas, sendo que a amostra de referência foi analisada em ambas as sessões.

Antes de servidas as amostras foram aquecidas em microondas, durante 2 minutos e dentro das embalagens, à exceção da amostra de referência, que teve de ser aquecida em prato pois antes de ser aquecida retirou-se o milho nela presente. Assim, as amostras foram servidas à temperatura normal de consumo, sobre placa de aquecimento, como se pode verificar na Figura 20. Foram servidas simultaneamente, tendo sido primeiramente codificadas com números de três dígitos. Juntamente com as amostras foram dadas aos provadores bolachas de água e sal, bem como, água para limpar o palato.



Figura 20 - Amostras prontas a servir ao provador.

O painel utilizado foi um painel anteriormente treinado na aplicação a arroz de pato, de forma expedita, sem o treino específico para o produto mais simples (arroz apenas cozido) (Rocha, Laranjeira et al. 2014). O painel foi constituído por 10 provadores, 9 do sexo feminino e apenas 1 do sexo masculino. A média de idades do painel é de 46,6 anos ($\pm 10,57$).

Os provadores trabalharam individualmente, tendo-lhes sido solicitado que utilizassem a escala de referência aplicada pelo parceiro industrial (Anexo I) e desenvolvida por Bhonsle and Krishnan 2010. A ficha de avaliação sensorial entregue aos provadores observa-se no Anexo II. O painel, apesar do treino com produtos à base de arroz mais complexos, não teve oportunidade de ser treinado na calibração com os novos descritores.

Assim, solicitou-se a avaliação das amostras em relação à aparência, coesividade, alongamento dos grãos, dureza ao trincar, comportamento ao mastigar e sabor, utilizando a técnica de QDA®. Os provadores realizaram uma prova de QDA®, uma vez que descreveram as amostras através de escalas de intensidade para cada atributo. No entanto, não foram utilizados descritores desenvolvidos em conjunto pelo painel, e sim descritores já existentes, como já foi referido.

Para além da prova de análise sensorial de arroz referida foi realizada uma segunda prova, igualmente realizada em cada uma das sessões. Esta segunda prova consistiu num teste de ordenação por preferência, ou seja, uma prova hedónica. Nesta prova, os provadores tiveram de ordenar as amostras por ordem crescente de preferência. A ficha dada aos provadores para a realização do teste de ordenação encontra-se no Anexo III.

A Tabela 5 apresenta, em forma de resumo, as variedades, os processos e os parâmetros estudados.

Tabela 5 - Variedades, processos e parâmetros estudados.

Variedades	Processos de conservação partindo de diferentes tempos de pré-cozedura			
	12 minutos	Tempo de cozedura ajustado ¹	5 minutos	8 minutos
Comerciais	Refrigeração			
	Congelação	Refrigeração	Pasteurização	Secagem
	Pasteurização	Congelação	Esterilização	
	Esterilização			
1. <i>Indica</i> (Guiana)	Parâmetros de qualidade analisados			
2. <i>Indica</i> híbrido (Europeu)	Absorção da água	Análise do Perfil de Textura (TPA)		Análise sensorial
3. <i>Japonica</i> (Carolino Ariete)	Water Binding Index (WBI)	Dureza; Força adesiva; Dureza 2º ciclo; Área 1; Área -1; Tempo dureza; Tempo força adesiva; Razão força adesiva / dureza; Razão dureza 2º ciclo / dureza; Razão área -1 / área 1; Coesividade; Mastigabilidade; Módulo de elasticidade aparente; Aderência; Área ciclo 1; Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza; Energia recuperada do segundo ciclo; Gomosidade; Índice de comportamento tipo borracha; Elasticidade; Índice de comportamento elástico; Área ciclo 2; Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza; Energia recuperada do primeiro ciclo; Força média		Aparência; Coesividade; Dureza ao trincar; Comportamento ao mastigar; Sabor; Aroma; Alongamento dos grãos; Apreciação global
4. Basmati	Water Absorption Index (WAI)			
5. Vaporizado (<i>Indica</i>)	Water Cooking Absorption Index (WCAI)			
6. <i>Japonica</i> (Carnaroli)				
7. Jasmim (Thai)				
Novas (INIAV)				
1. OP 1001				
2. OP 1109				
3. OP 1203				
4. OP 1212				

¹ Tempo de cozedura ajustado para a mesma qualidade final.

8. Análise estatística

Feita a inserção e codificação dos dados obtidos, utilizou-se o programa informático SPSS (*Stastical Package for Social Sciences*) e o XL-STAT® 2013 para proceder à respetiva análise estatística.

Toda a análise estatística foi realizada com um intervalo de confiança (IC) de 95%.

IV. Resultados e discussão

O trabalho incidiu não só sobre as novas variedades, entre as quais foram selecionadas quatro pelo INIAV, mas também sobre a grande diversidade de tipos de arroz existente, quer nacional quer estrangeiro. O leque de variedades analisadas permitirá obter um resultado útil para a comunidade científica em geral, uma vez que qualquer nova variedade que qualquer investigador desenvolva deve ser comparada com as existentes no universo de variabilidade do arroz.

O espaço descritivo de parâmetros de qualidade foi construído tendo em vista os principais aspetos do arroz cozinhado e processado (conservado). Assim poder-se-á verificar quais as variedades que têm melhor ou pior comportamento para cada um dos processos de conservação de interesse industrial.

Um dos principais benefícios deste trabalho é, consequentemente, a definição do que é o espaço multidimensional que caracteriza a qualidade do arroz para utilização culinária e industrial. Embora o aspeto mais importante e crucial da qualidade incida sobre as características sensoriais, visto que são estas que o consumidor mais valoriza neste produto, o trabalho não se resumiu apenas à análise sensorial por dois motivos. O primeiro porque a variabilidade inerente a este método torna mais difícil distinguir entre variedades semelhantes e o segundo porque alguns métodos instrumentais são formas analíticas de caracterizar o arroz em si. Assim, como já foi referido anteriormente, foram analisados parâmetros relativos a três tipos de análises: absorção de água, textura e análise sensorial.

1. Absorção da água

Foram analisados três parâmetros relativos à absorção da água pelo arroz: WBI, WAI e WCAI. Os dois primeiros são parâmetros padrão que se devem relacionar com o tipo de estrutura molecular do amido e possíveis interferências de outros componentes do arroz, sendo efetuados com ampla disponibilidade de água. O último reproduz um processo culinário adaptado às necessidades do tipo de arroz em estudo.

1.1. Escolha dos parâmetros a analisar

Primeiramente verificou-se se eram precisos os três parâmetros para caracterizar as variedades de arroz, pois se um for altamente correlacionado com outro, ou com uma combinação dos outros dois, então não são precisos os três. Por outro lado, caso as correlações todas sejam fracas, cada parâmetro traduz um comportamento diferente e consequentemente todos são precisos para uma análise completa da absorção da água. Assim, a análise dos dados da absorção da água constou na determinação das correlações entre os parâmetros, para a totalidade das amostras, de forma a identificar quantos e quais os parâmetros necessários. Posteriormente, para os parâmetros escolhidos, identificou-se o comportamento de todas as variedades, agrupando-as por semelhança ou diferença estatística, revelando com que variedades se comparam as novas do INIAV.

A Tabela 6 mostra que as correlações entre os três parâmetros são fracas, ou seja, nenhum é um forte indicador de outro, apesar de existir uma certa semelhança entre WCAI e WAI, ou seja, a quantidade de água absorvida numa cozedura adaptada é maior ou menor, em certa medida, como função da capacidade absoluta do arroz absorver água. Analisando a Figura 54, a Figura 55 e a Figura 58 (Anexo IV) também é possível verificar as correlações existentes entre os diferentes parâmetros. A Figura 56 contrapõe os valores de WBI com os valores de WAI obtidos, para cada variedade de arroz. A Figura 57 mostra, de igual forma, a correlação dos resultados dos testes WAI e WCAI, sendo esta maior, pois como se pode visualizar, os resultados aproximam-se da reta. Na Figura 56 é possível analisar o gráfico WCAI versus WBI, percebendo a sua fraca correlação.

A Tabela 6 indica também o valor de uma correlação polinomial entre um parâmetro e os outros dois. Os valores de WCAI foram ajustados linearmente ($WCAI = a + b WBI + c WAI$) e quadraticamente, pelo polinómio $WCAI = a + b WBI + c WAI + d WAI WBI + e WBI^2 + f WAI^2$. O valor indica a % da variância dos dados do parâmetro da coluna explicados pelos valores dos parâmetros da linha.

Tabela 6 – Coeficientes de determinação de modelos lineares e polinomiais de correlação, entre os três parâmetros de absorção de água.

Correlacionado com	WBI	WAI	WCAI
WBI	--	0.049%	10.9%
WAI	0.049%	--	75.0%
WBI e WAI linear	--	--	87.3%
WBI e WAI quadrático	--	--	87.5%

A correlação da simples composição linear é relativamente elevada, e a quadrática não melhor significativamente.

Consequentemente os valores de WCAI são ditados em larga medida por WBI e WAI. A Figura 21 mostra os resultados de uma análise de variância (ANOVA) de WCAI, tratando WAI e WBI como fatores determinantes.

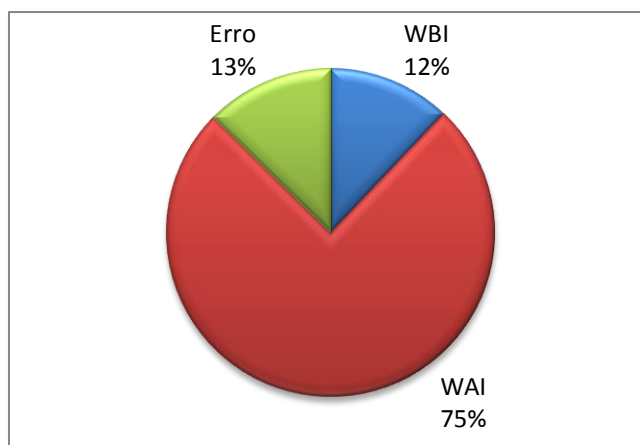


Figura 21 - Percentagem das somas quadráticas de uma análise de variância dos dados de WCAI explicadas pelos valores de WAI e WBI.

Conforme se pode verificar, ambos são estatisticamente significativos e a percentagem da variância não explicada por estes valores de WBI e WAI é da ordem de grandeza do esperado pelo simples erro experimental. O fator mais determinante para o WCAI é a absorção em cozinhado (WAI, 75%), e o WBI explica ortogonalmente mais 12% dos valores de WCAI. Apenas 13% da variância dos dados se afasta deste

determinismo. Conclui-se que o comportamento em termos de absorção de água é bem descrito com os valores dos testes padrão WBI e WAI, sendo ambos necessários.

1.2. Análise do comportamento das variedades

A Figura 22 mostra o espaço de qualidade definido pelas diferentes variedades relativamente à absorção de água. Para cada parâmetro foram determinados os grupos homogêneos com uma análise Post-Hoc pelo método de Tukey HSD, que se podem também ver na Figura 22. As linhas verticais mostram vários dos grupos da análise de Tukey.

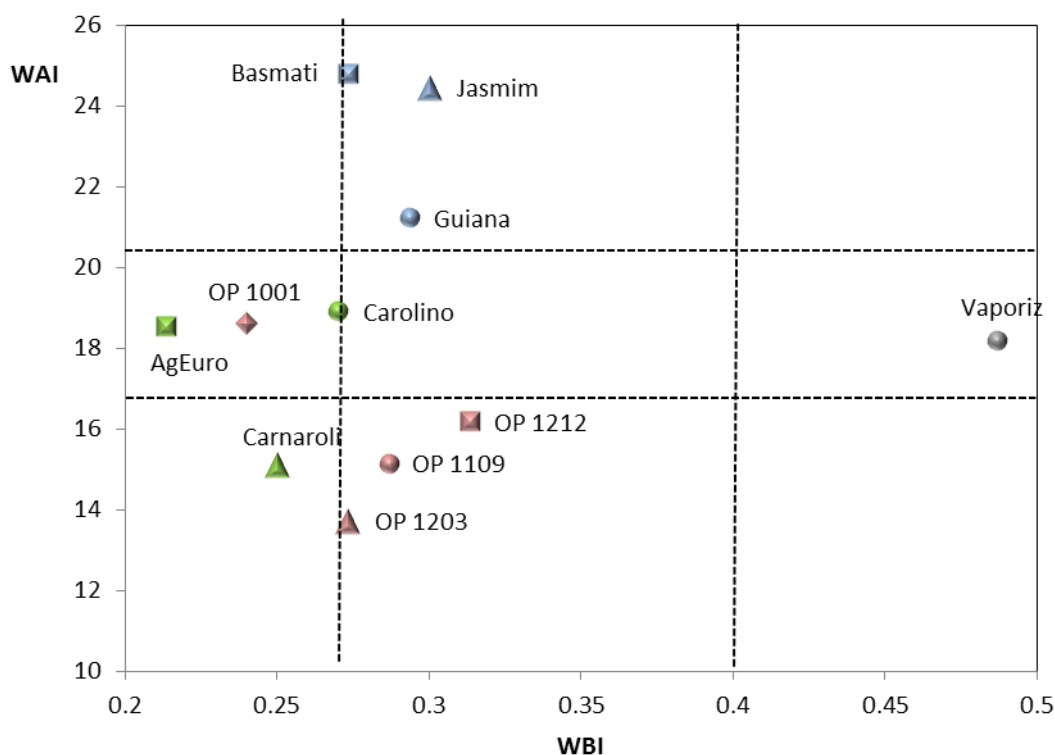


Figura 22 – WAI e WBI das onze variedades testadas.

As linhas verticais indicam semelhanças nos grupos homogêneos da análise de Tukey HSD.

No caso do WBI, o arroz Agulha vaporizado é claramente diferente. Do lado esquerdo do gráfico existem três grupos com interseções entre si, podendo ser agrupados em termos de constituírem todos, amostras que não diferem

estatisticamente do arroz Carnaroli. Da mesma forma, o agrupamento do meio junta quatro grupos homogêneos que se traduzem por serem as variedades que não são estatisticamente diferentes do Agulha Guiana.

Relativamente ao WAI há uma semelhança nítida entre o Carnaroli e três das variedades OP, com WAI mais baixo, e as variedades Agulha Guiana, Basmati e Jasmim têm valores de WAI claramente superiores.

Existe claramente um agrupamento das variedades comerciais nacionais (Agulha Europeu e Carolino) com absorção de água média em cozido e baixa em frio, enquanto as variedades comerciais não nacionais, nomeadamente, Agulha Guiana, Jasmim e Basmati têm absorção média em frio e alta em cozido. O Carnaroli é diferente, com uma absorção em cozido significativamente inferior.

Pode-se concluir que as três variedades novas OP 1109, OP 1203 e OP 1212 absorvem água de forma semelhante ao Carnaroli em cozido, embora tenham uma absorção maior em frio. O OP 1001 é significativamente diferente das restantes variedades do INIAV, pois possui um valor de WBI significativamente inferior aos delas e absorve água em cozido, de igual forma às variedades comerciais nacionais.

O resultado dos agrupamentos para o caso do WCAI encontram-se na Tabela 7, embora este seja um parâmetro que pode ser explicado pelos outros dois.

Tabela 7 – Grupos homogêneos de Tukey HSD de variedades segundo os resultados do teste de absorção de água WCAI.

Water Cooking Absorption Index				
Tukey HSD ^a				
Variedade	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Agulha vaporizado	3	1,2529		
OP 1212	3	1,2604		
Carnaroli	3	1,2611		
OP 1109	3	1,2678		
OP 1203	3	1,2891		
Carolino	3	1,3331		
Agulha (Europeu)	3		1,4240	
OP 1001	3		1,4247	
Thai jasmim	3		1,4829	1,4829
Agulha (Guiana)	3			1,5213
Basmati	3			1,5551

Verifica-se que quando cada variedade de arroz é cozida com a proporção e tempo ajustados às suas necessidades, os resultados do WCAI revelam um agrupamento do arroz Agulha vaporizado com as variedades da subespécie *Japonica*, nomeadamente, o arroz Carolino e o Carnaroli, e com as variedades OP 1212, OP 1109 e OP 1203, que são semelhantes entre si. Num segundo grupo situa-se o arroz Agulha Europeu com o OP1001 e o Jasmim. Consequentemente, em termos de absorção de água, a variedade OP 1001 é particularmente interessante, exibindo um comportamento próximo do híbrido agulha Europeu.

No Anexo IV encontra-se uma análise mais pormenorizada aos resultados dos testes de absorção.

2. Textura

A textura é um dos aspetos mais importantes e multidimensionais da qualidade do arroz. A análise de textura caracteriza as sensações de mastigar e ainda uma outra característica muito importante do arroz: a goma ou creme. Certas receitas exigem que o arroz liberte goma (amilopectina) ficando com um molho cremoso enquanto outras pelo contrário exigem que o arroz fique solto e livre de água ou goma. Existem vários parâmetros de textura, sendo que o teste aplicado permitiu extrair 25 diferentes. No entanto muitos serão redundantes por se correlacionarem fortemente com outros, enquanto mais do que um serão muito úteis por revelarem facetas diferentes da textura:

- Arroz mole ou duro ao mastigar;
- Arroz demasiado elástico-borracha, ou de agradável mastigação;
- Arroz bem solto ou muito empapado;
- Arroz com creme gomoso mas de grão solto, ou empapado em bloco.

Consequentemente, a questão mais importante sobre estes parâmetros é quais utilizar para caracterizar bem as diferentes amostras. Existem duas hipóteses:

- Utilizar todos os parâmetros, agrupando-os em componentes principais e utilizando os valores (scores) dessas combinações;
- Definir parâmetros-chave que tenham grande ortogonalidade entre si, utilizando a análise de componentes principais apenas para identificar quais possuem essa ortogonalidade.

Optou-se pela segunda opção, uma vez que os valores exatos dos pesos (coeficientes) de cada parâmetro num componente principal podem variar significativamente com o conjunto de dados que se tiver. De qualquer forma, a análise utilizando todos os parâmetros e agrupando-os em componentes principais encontra-se no Anexo V. Do ponto de vista prático interessa não ter mais de 2 a 4 parâmetros para análise e os escolhidos deverão ter um grande grau de precisão (variabilidade baixa entre réplicas) e distinguir o mais possível entre as diferentes variedades de arroz.

As análises de textura foram efetuadas não só às diferentes variedades mas também a diferentes processamentos, quer de cozedura (padrão ou ajustada), quer de processo de conservação, pelo que o universo de dados analisados é extenso. O

primeiro objetivo desta parte do trabalho é simplesmente a escolha dos parâmetros mais apropriados por:

- Serem precisos e reprodutíveis, com erro baixo entre réplicas;
- Caracterizarem aspetos diferentes da textura, sendo altamente ortogonais entre si;
- Distinguirem o mais possível entre diferentes variedades e processos.

Consequentemente, esta análise de dados consistirá em:

- Análise de componentes principais da totalidade dos dados para identificar correlações e ortogonalidades face aos agrupamentos resultantes;
- Escolha de 2 a 4 parâmetros considerando a sua reprodutibilidade e diferenciação entre amostras.
- Para os parâmetros escolhidos, identificação do comportamento de todas as variedades para cada processo industrial.

2.1. Análise global da textura

1. Escolha de parâmetros

Foram medidos 25 parâmetros de textura, sendo o primeiro objetivo a escolha de apenas alguns que sejam representativos de todo o comportamento. Para determinar quais os parâmetros de textura mais importantes a analisar, foi efetuada uma análise fatorial com o método de componentes principais. Da Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada às 25 variáveis iniciais associadas à textura, primeiro determinou-se uma análise univariada, onde se calculou a média e o desvio-padrão da amostra com dimensão igual a 363 (Tabela 8). Posteriormente foram determinados os valores estimados das comunalidades, que se encontram na Tabela 34 no Anexo V e elaborado o gráfico Scree Plot (Figura 23).

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 8 – Estatística descritiva das 25 variáveis iniciais, para o total das medições.

	M	DP	N
Dureza	539,7107	295,59474	363
Força adesiva	-20,2369	19,04281	363
Dureza 2º ciclo	479,5165	269,29946	363
Área 1	3534,1607	1719,93684	363
Área -1	-22,4285	33,18229	363
Tempo dureza	10,3171	,06071	363
Tempo força adesiva	14,6614	1,72743	363
Razão força adesiva/dureza	,0381	,02851	363
Razão dureza 2º ciclo/dureza	,8853	,03161	363
Razão área -1/área 1	,0067	,01192	363
Módulo de elasticidade aparente	67,9963	45,66150	363
Aderência	-41,6378	56,33743	363
Elasticidade	2,2888	,60665	363
Coesividade	,4594	,11231	363
Mastigabilidade	541,2079	331,32418	363
Área ciclo 1	2148,5093	1009,19811	363
Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	772,1076	328,19673	363
Energia recuperada do segundo ciclo	299,2417	147,77504	363
Gomosidade	234,3430	120,21758	363
Índice de comportamento tipo borracha	108,2431	66,27006	363
Índice de comportamento elástico	,4578	,12118	363
Área ciclo 2	1071,3493	472,27636	363
Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	1793,8145	878,24577	363
Energia recuperada do primeiro ciclo	354,6941	171,19603	363
Força média	11,6017	4,37532	363

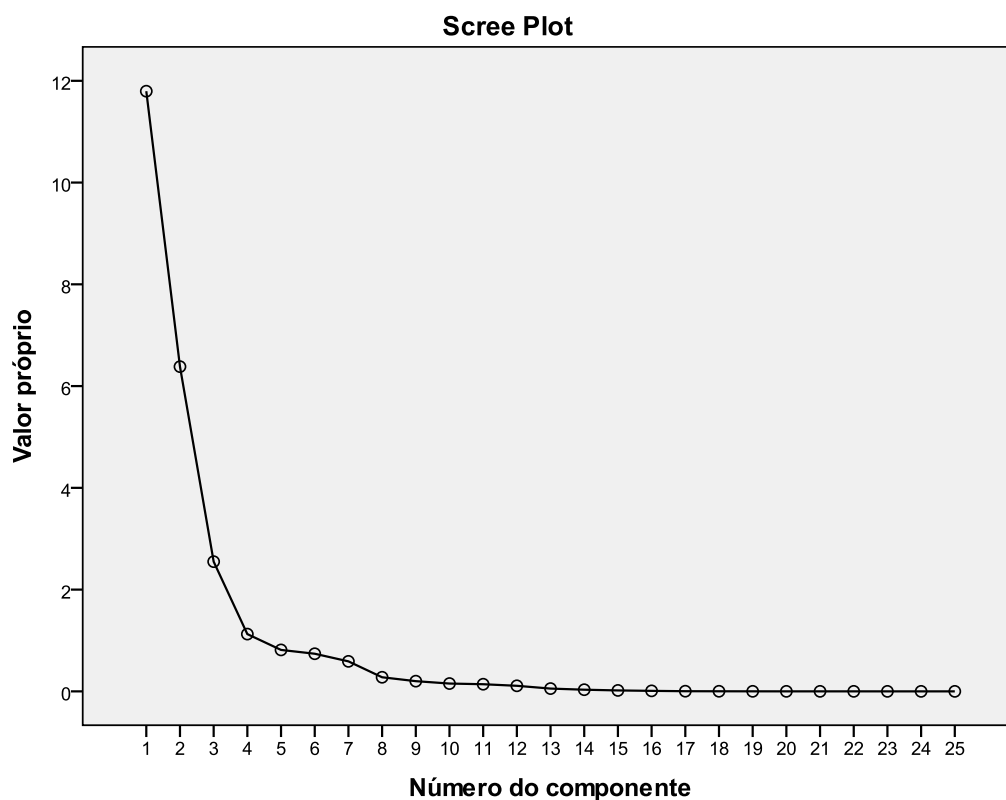


Figura 23 – Gráfico “Scree Plot” da análise de componentes principais dos 25 parâmetros de textura.

Os valores das comunalidades variam entre 0,255 (uma única variável com valor menor do que 0,4) e 0,989, ou seja, a grande maioria das variáveis têm uma forte relação com os fatores retidos. Como o valor das comunalidades é maioritariamente superior a 0,6, o número de variáveis é inferior a 30 e o número de observações é superior a 250, o gráfico “Scree Plot” gera soluções credíveis para o número de fatores a reter. Pela curva do gráfico “Scree Plot”, nota-se que o número de fatores a reter será de 4 ou 5, uma vez que são os que correspondem à maior inclinação da reta. Elaborou-se a tabela da variância total explicada (Tabela 35) do Anexo V para verificar qual a percentagem de explicação contribuinte de cada fator para a textura do arroz e, verificar, os fatores a reter.

Pela tabela da variância total explicada conclui-se que a extração de 4 fatores corresponde a uma explicação de 87,41% da textura do arroz, mas a extração de 3 já totaliza um valor superior a 80%. A 1ª componente explica 47,18%, a 2ª componente

25,53%, a 3ª componente 10,19% e a 4ª apenas explica 4,5%. É importante notar que estas percentagens mantêm-se mais ou menos idênticas após ser feita a rotação.

Utilizou-se o método de rotação varimax para construir a matriz rodada de componentes, como se visualiza na Tabela 9. A rotação varimax permite obter uma solução na qual cada componente principal se aproxima de ± 1 , no caso de associação entre ambas, ou de zero, no caso de ausência de associação.

Tabela 9 – Análise de Componentes Principais - Matriz rodada de componentes.

Matriz Rodada de componentes^a				
	Componentes			
	1	2	3	4
Dureza	,914	-,350	-,122	
Força adesiva	-,218	,606	,678	
Dureza 2º ciclo	,912	-,340	-,118	,115
Área 1	,876	-,437		-,110
Área -1	-,111		,897	
Tempo dureza	,424	-,119		,230
Tempo força adesiva	-,126	,872	,143	
Razão força adesiva/dureza	-,270	-,425	-,771	
Razão dureza 2º ciclo/dureza	,194			,894
Razão área -1/área 1	-,148	,184	-,869	
Módulo de elasticidade aparente	,880	-,236	-,122	,197
Aderência	-,174	,374	,731	
Elasticidade		,952		
Coesividade	-,102	,894	,182	,294
Mastigabilidade	,835	,499		
Área ciclo 1	,921	-,350		-,105
Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,993			
Energia recuperada do segundo ciclo	,950	,176	,176	
Gomosidade	,968			,170
Índice de comportamento tipo borracha	,835	,499		
Índice de comportamento elástico		,951		
Área ciclo 2	,988			
Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,874	-,438		-,117
Energia recuperada do primeiro ciclo	,945	,185	,195	
Força média	,460	-,496		-,316
Método de extração: Análise de Componentes Principais				
Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.				

Para analisar a consistência interna dos fatores extraídos pela ACP, calculou-se o Alpha de Cronbach (Tabela 36) Anexo V. O Alpha de Cronbach oscilou entre 0,62 e 0,978, o que significa que existe uma razoável consistência interna e é permitido confiar nos quatro componentes extraídos. A componente 4 é apenas constituída pela variável “Razão pico2/dureza”, logo, não foi possível calcular o Alpha de Cronbach e optou-se consequentemente por considerar apenas os outros três.

Para seleccionar três parâmetros teve-se em conta os seus contributos para a diferenciação entre as variedades de arroz em estudo, ou seja, parâmetros que possuem um elevado peso na diferenciação das variedades e dos processos de conservação e, que pertencessem a grupos diferentes da ACP, para que se garantisse a existência de uma baixa correlação entre si. Assim, deveria estar garantida uma grande ortogonalidade entre si. Para além disso, os parâmetros deveriam possuir uma variabilidade baixa, ou seja, deveriam possuir um valor de desvio-padrão baixo, bem como, irem de encontro às características mais desejáveis para o estudo, de acordo com outros anteriormente efetuados na empresa Ernesto Morgado S.A..

As tabelas de correlações entre os parâmetros de textura e dos valores dos desvios-padrão normalizados pela média para cada um encontram-se no Anexo V.

No caso dos dois primeiros componentes principais (PC's) foram escolhidos parâmetros com elevado peso, respetivamente, “dureza” e “elasticidade”. No caso do 3º PC já não foi escolhido o parâmetro de maior peso, mas de acordo com a análise dos pressupostos referidos, foi selecionado o parâmetro “aderência”.

Para a validação final dos parâmetros, estes deveriam conseguir distinguir bem entre as diferentes variedades e os diferentes processamentos. Efetuou-se uma análise de variância com dois fatores, variedade e tratamento, com o objetivo de verificar se estes parâmetros tinham capacidade de discernir diferenças. Se o fator “variedade” tiver um efeito estatisticamente significativo, isso significa que em média, seja qual for o tratamento aplicado ao arroz, há diferenças entre variedades. Se o fator “tratamento” tiver um efeito estatisticamente significativo, então em média, seja qual for a variedade, há diferenças significativas entre os tratamentos. Finalmente, se o efeito interativo variedade x tratamento for estatisticamente significativo, então as diferenças entre variedades dependem dos tratamentos. Se estes três efeitos forem significativos, o parâmetro revelará diferenças significativas. Os resultados estão apresentados de forma gráfica (Figura 24, Figura 25, Figura 26).

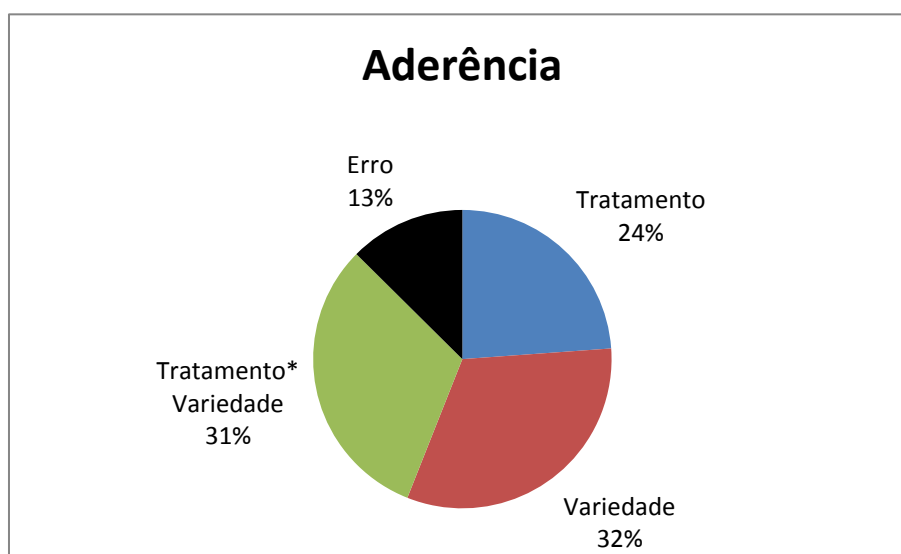


Figura 24 – Percentagem das somas quadráticas da Análise de variância da aderência explicadas pela diferenças entre variedades e entre tratamentos.

Relativamente ao parâmetro aderência, 32% das diferenças neste parâmetro devem-se à variedade, seguindo-se 31% devido à interação tratamento/variedade e 24% devido ao processo de cozedura/conservação. Algumas diferenças, 13%, são justificadas pelo erro. A aderência é igualmente um bom parâmetro para distinguir entre variedades e tratamentos.

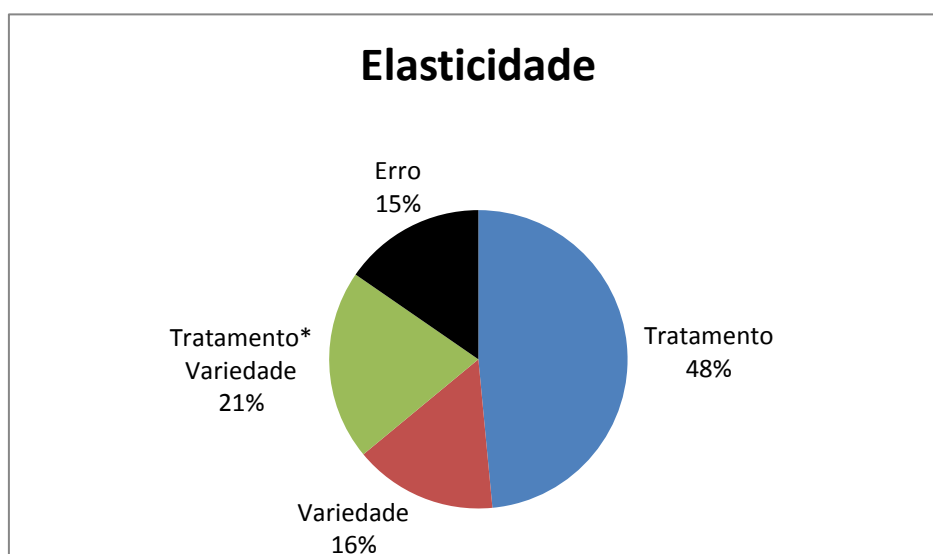


Figura 25 – Percentagem das somas quadráticas da Análise de variância da elasticidade explicadas pela diferenças entre variedades e entre tratamentos.

Quanto à elasticidade, as diferenças observadas devem-se maioritariamente ao tipo de tratamento sofrido, com uma percentagem de 48%. Apenas 21% das diferenças são devidas à interação tratamento/variedade e 16% devidas à variedade em si. Para este parâmetro, a percentagem de erro é de 15%. A elasticidade é um bom parâmetro. As diferenças explicam-se sobretudo devido a diferentes tratamentos e variedades e as diferenças entre variedades dependem do tratamento.

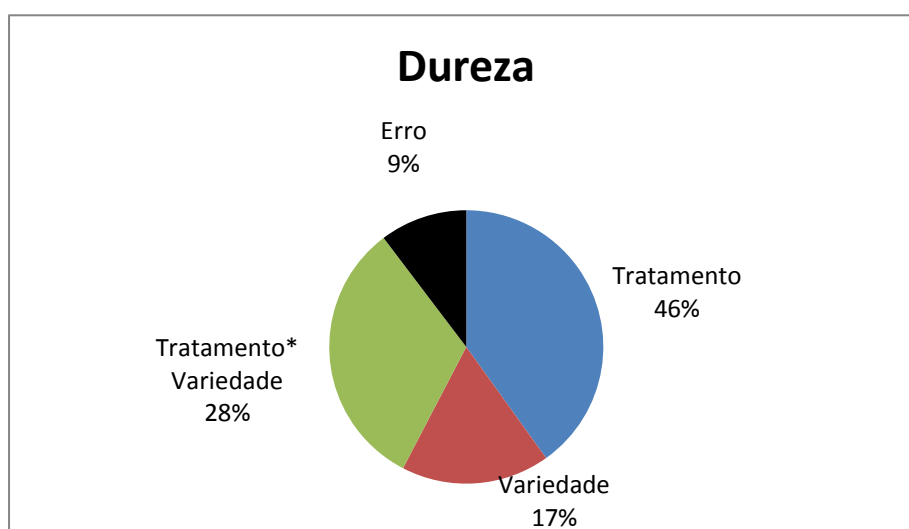


Figura 26 – Percentagem das somas quadráticas da Análise de variância da dureza explicadas pela diferenças entre variedades e entre tratamentos.

As diferenças ao nível da dureza devem-se principalmente ao tratamento sofrido (46%), sendo que 28% das diferenças se devem à interação tratamento/variedade e apenas 17% se deve à variedade em causa. Apenas 9% das diferenças são devidas aos erros. A dureza é também um bom parâmetro. As diferenças explicam-se sobretudo devido a diferentes tratamentos e variedades e as diferenças entre variedades dependem do tratamento.

Assim, verifica-se que o processo de conservação submetido influencia principalmente a elasticidade do arroz, apresentando também uma grande influência na dureza. A variedade de arroz apresenta uma maior influência na aderência do arroz e a interação tratamento/variedade tem uma menor influência na elasticidade do arroz.

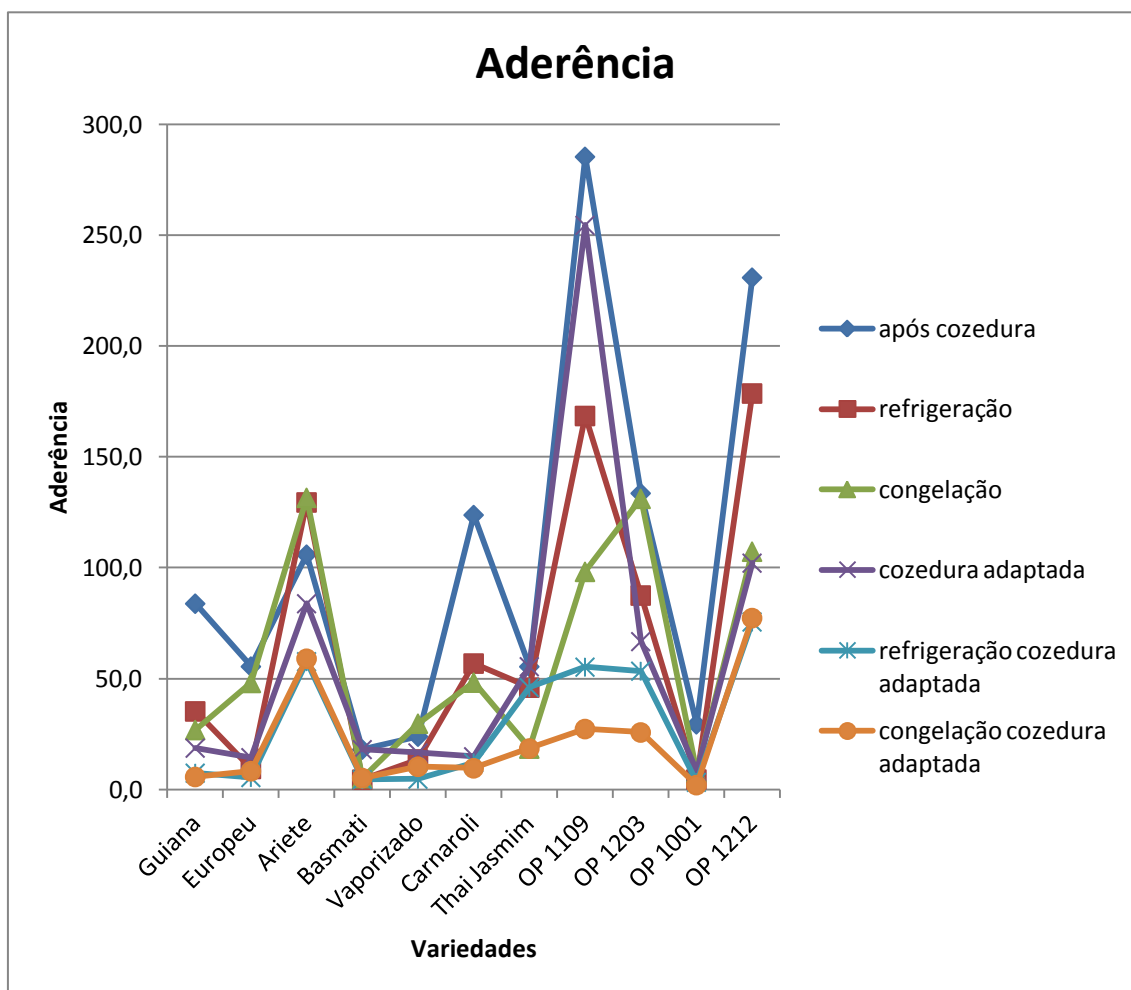


Figura 27 – Resultados de aderência, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Posto isto, procedeu-se à elaboração de gráficos para os parâmetros de textura, que permitissem elucidar acerca das diferenças entre as variedades e entre os processos de cozedura/conservação.

A Figura 27 representa os valores de aderência, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), refrigeração e congelamento após cozedura de 12 minutos, cozedura adaptada e refrigeração e congelamento após cozedura adaptada.

A cozedura de 12 minutos origina valores de aderência superiores aos valores da cozedura adaptada exceto no arroz Basmati e Thai jasmim, uma vez que não foi necessário proceder a uma cozedura adaptada para estas variedades pois já se apresentavam bem cozidas após 12 minutos de cozedura. Os valores de aderência das variedades acabadas de cozer durante 12 minutos também são superiores aos

valores obtidos após a refrigeração ou a congelação das variedades cozidas 12 minutos, exceto para o arroz Carolino Ariete. Para o arroz Agulha vaporizado e OP 1203 após cozedura de 12 minutos, a aderência tem um valor muito próximo do valor correspondente à congelação após cozedura de 12 minutos. Nas variedades Agulha Guiana, Carnaroli, Thai jasmim, OP 1109, OP 1001 e OP 1212, a congelação é o tratamento com menor valor de aderência quando comparada com o após cozedura ou a refrigeração.

A cozedura adaptada leva aos valores mais elevados de aderência para todas as variedades quando comparada com a congelação e a refrigeração após cozedura adaptada. A refrigeração e a congelação após cozedura adaptada levam a que a aderência do arroz diminua, sendo esta diminuição mais notória quando se trata da congelação. As variedades com maiores valores de aderência após cozedura adaptada foram a OP 1109 seguida da OP 1212, Carolino Ariete e OP 1203. As variedades menos adesivas submetidas a este processo de cozedura foram as OP 1001, Agulha Europeu, Basmati, Agulha vaporizado e Carnaroli.

A Figura 28 representa os valores de aderência, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), cozedura adaptada, esterilização e pasteurização após cozedura de 5 minutos e, esterilização e pasteurização após cozedura de 12 minutos.

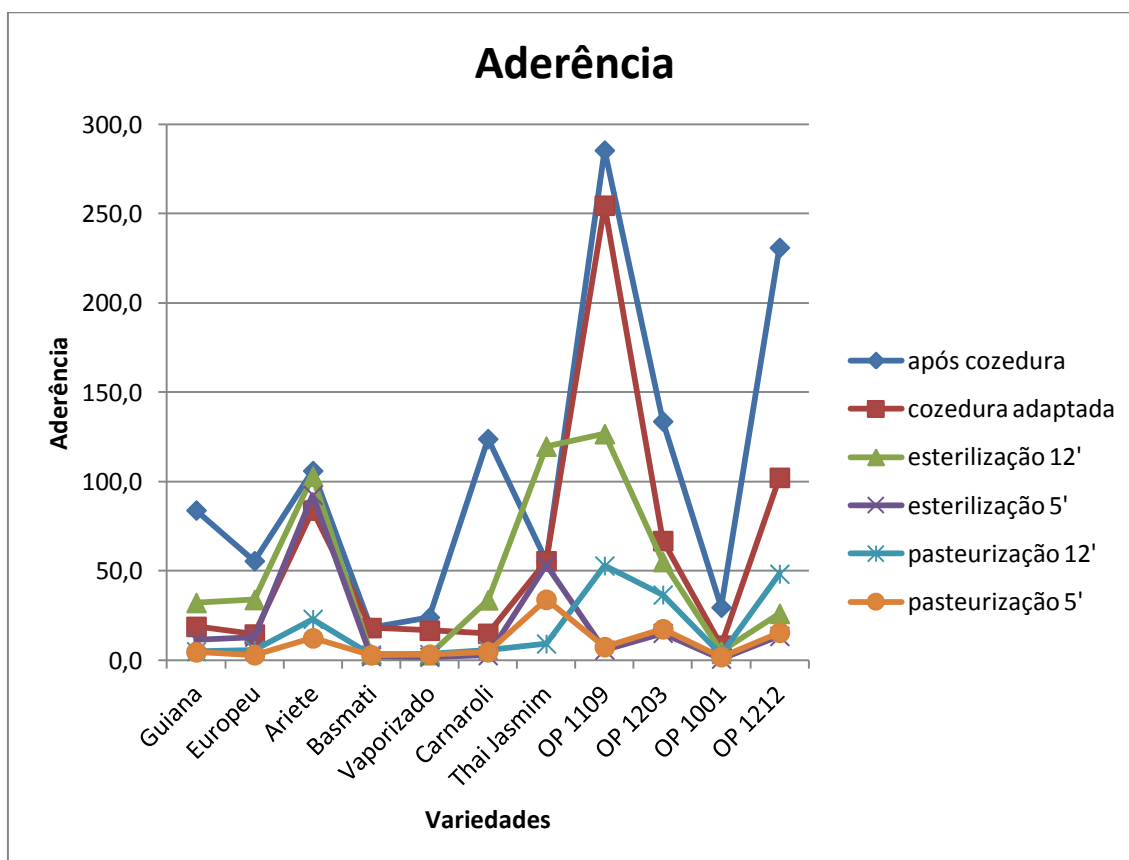


Figura 28 – Resultados de aderência, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Os valores mais baixos de aderência correspondem à pasteurização após cozedura de 5 minutos. A esterilização após cozedura de 5 minutos leva a valores mais altos de aderência do que a pasteurização após cozedura de 12 minutos, à exceção do arroz Agulha vaporizado, Carnaroli, OP 1001, OP 1203, OP 1212 e Basmati. A esterilização após cozedura de 12 minutos provoca valores mais altos de aderência do que a cozedura adaptada exceto para o arroz Agulha vaporizado, OP 1109, OP 1203, OP 1212 e Basmati.

A Figura 29 representa os valores de aderência, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), cozedura adaptada e secagem.

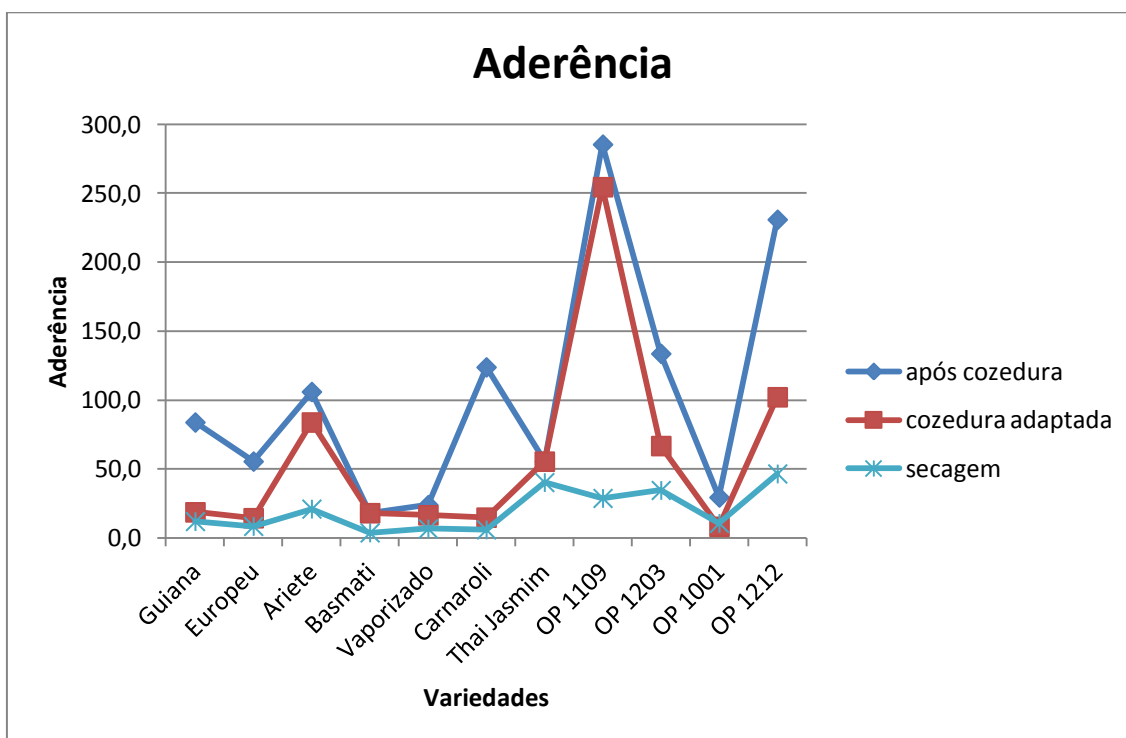


Figura 29 – Resultados de aderência, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Verifica-se que, em geral, ao submeter qualquer variedade à secagem após cozedura, a aderência diminui. As amostras secas apresentaram uma menor aderência do que as amostras acabadas de cozer, quer durante 12 minutos quer durante o tempo necessário à obtenção de uma boa cozedura. As variedades de arroz secas e rehidratadas que mostraram maior aderência foram o Thai jasmim, OP 1109, OP 1203, OP 1212, bem como, Carolino Ariete. Analisando os resultados da cozedura adaptada, as variedades com maior aderência são as mesmas.

A Figura 30 representa os valores de elasticidade, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), refrigeração e congelação após cozedura de 12 minutos, cozedura adaptada e refrigeração e congelação após cozedura adaptada.

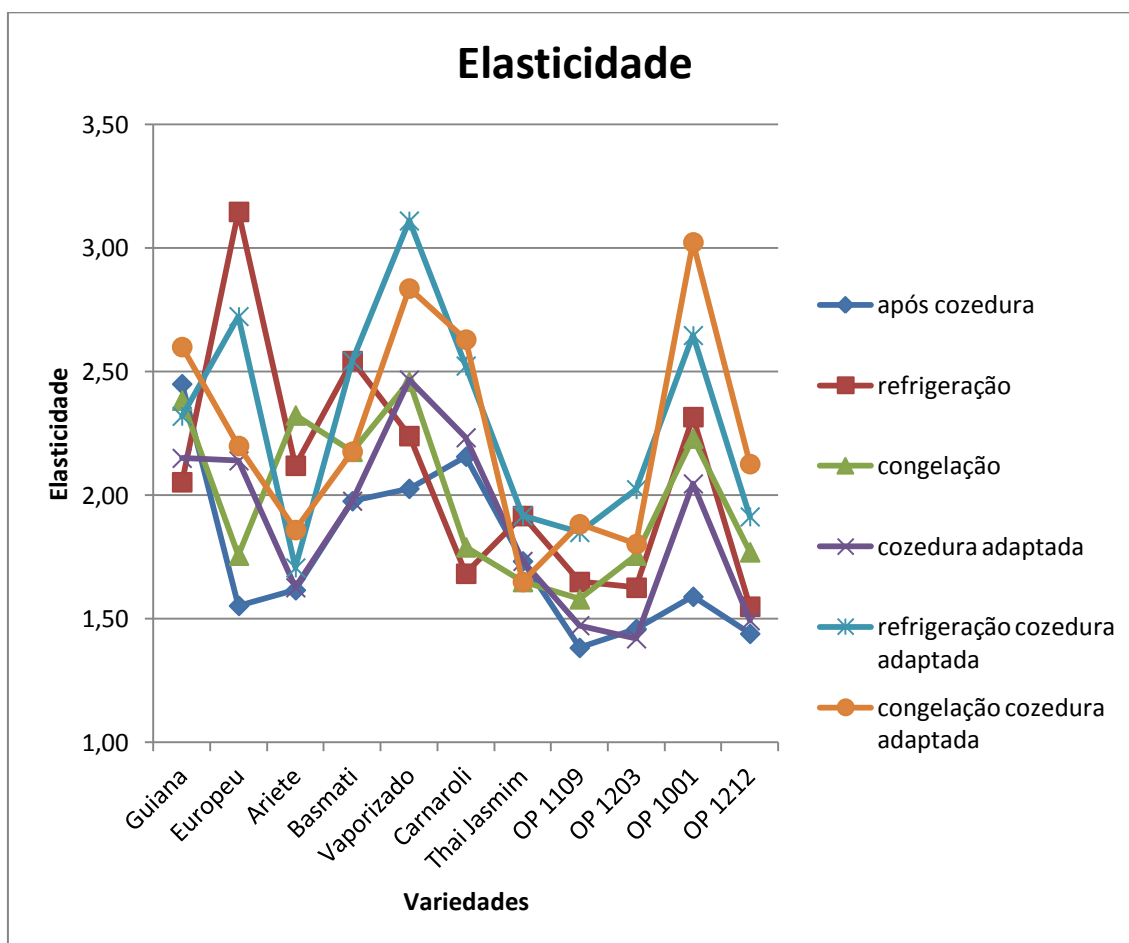


Figura 30 – Resultados de elasticidade, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

A cozedura de 12 minutos apresenta sempre valores mais baixos de elasticidade em relação aos restantes processos representados, exceto para o arroz Carnaroli, Agulha Guiana e Thai jasmim. Para o Agulha vaporizado, Carnaroli, Agulha Guiana, Carolino Ariete, OP 1203 e OP 1212 a congelação após cozedura de 12 minutos leva a valores mais altos de elasticidade do que a respetiva refrigeração, e vice-versa para o arroz Agulha Europeu, OP 1001, OP 1109, Thai jasmim e Basmati.

Todas as variedades, exceto o Thai jasmim, apresentam uma menor elasticidade após cozedura adaptada em comparação com os valores de elasticidade que apresentam após os respetivos processos de refrigeração e congelação. Assim, a refrigeração e a congelação provocam um aumento da elasticidade, aumento este maior após a congelação, para todas as variedades à exceção do Agulha vaporizado, Agulha Europeu, Thai jasmim, Basmati e OP 1203.

A Figura 31 representa os valores de elasticidade, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), cozedura adaptada, esterilização e pasteurização após cozedura de 5 minutos e, esterilização e pasteurização após cozedura de 12 minutos.

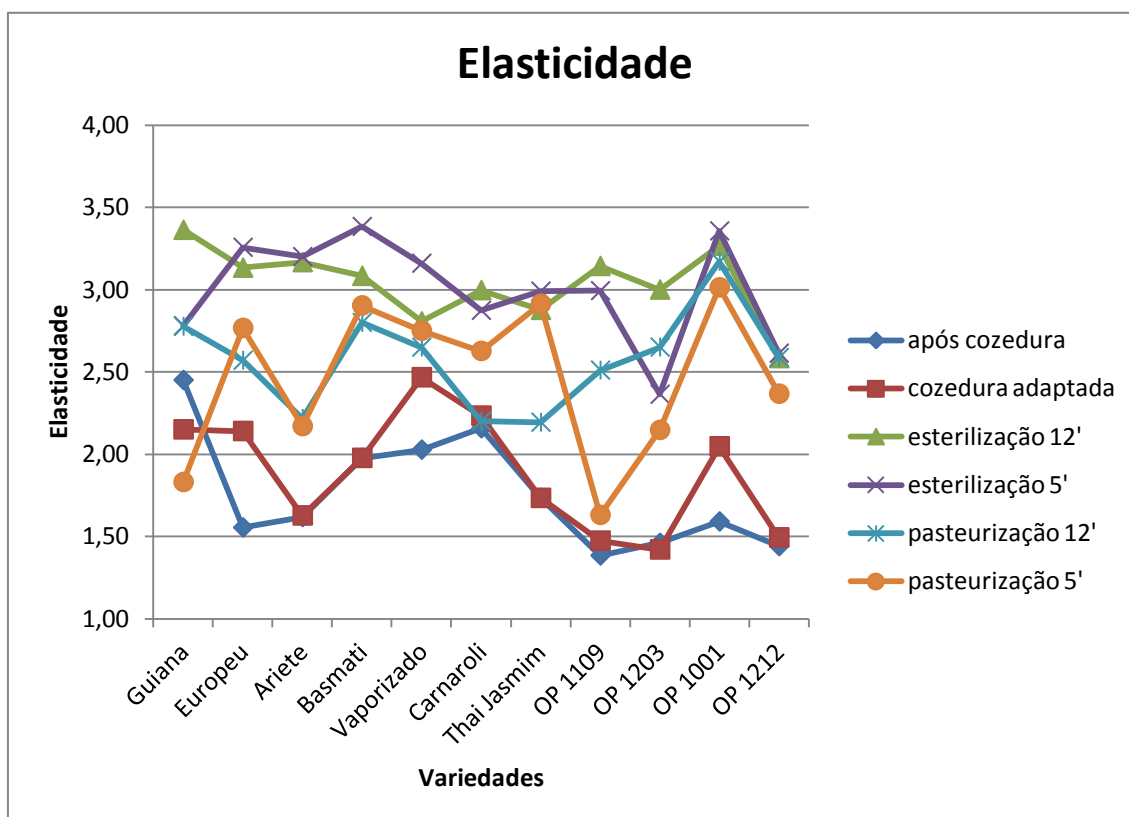


Figura 31 – Resultados de elasticidade, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Todas as variedades apresentam valores de elasticidade mais baixos após a cozedura de 12 minutos e após a cozedura adaptada, exceto o arroz Agulha Guiana, onde os valores mais baixos de elasticidade correspondem ao arroz cozido 5 minutos e pasteurizado. As variedades mais elásticas após a cozedura de 12 minutos são o Agulha Guiana e o Carnaroli, ao contrário das variedades desenvolvidas pelo INIAV e do arroz Agulha Europeu. Após cozedura adaptada, as variedades com maior elasticidade são novamente o Agulha Guiana e o Carnaroli, assim como o arroz Agulha vaporizado e Europeu. O arroz OP 1109, OP 1203 e OP 1212 são as menos elásticas, neste caso.

Os processos de esterilização levam a valores de elasticidade mais elevados do que os restantes tratamentos, exceto no arroz OP 1203 onde a pasteurização após cozedura de 12 minutos leva a valores superiores aos valores da esterilização após cozedura de 5 minutos e, exceto no arroz Thai jasmim onde a pasteurização após cozedura de 5 minutos leva a valores superiores aos valores da esterilização após cozedura de 12 minutos.

No gráfico pode verificar-se que qualquer variedade cozida 5 minutos e submetida a uma esterilização apresenta valores de elasticidade mais elevados quando comparados com os valores resultantes dos restantes tratamentos.

A Figura 32 representa os valores de elasticidade, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), cozedura adaptada e secagem.

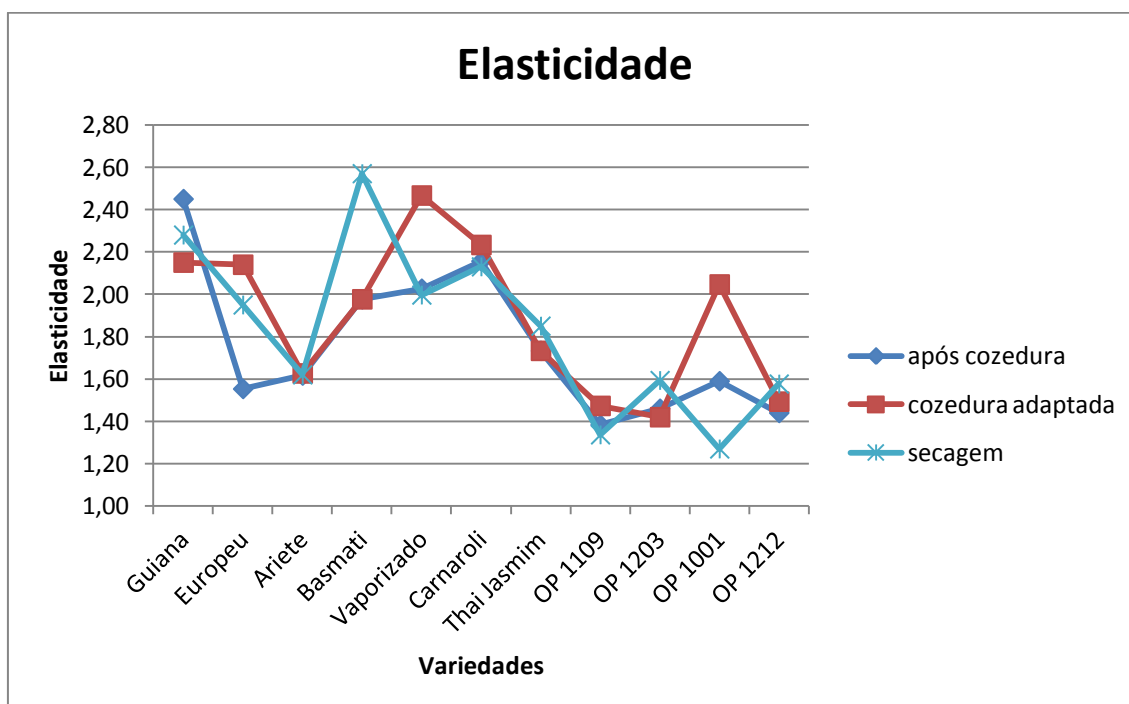


Figura 32 - Resultados de elasticidade, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Relativamente ao processo de secagem, de uma forma geral, os valores de elasticidade das amostras secas rondam os valores de elasticidade obtidos após a cozedura de 12 minutos e após a cozedura adaptada.

As variedades secas e rehidratadas que apresentaram maiores valores de elasticidade foram o arroz Agulha Guiana e o Basmati. As variedades do INIAV apresentaram os menores valores, assim como o arroz Carolino Ariete.

A Figura 33 representa os valores de dureza, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), refrigeração e congelação após cozedura de 12 minutos, cozedura adaptada e refrigeração e congelação após cozedura adaptada.

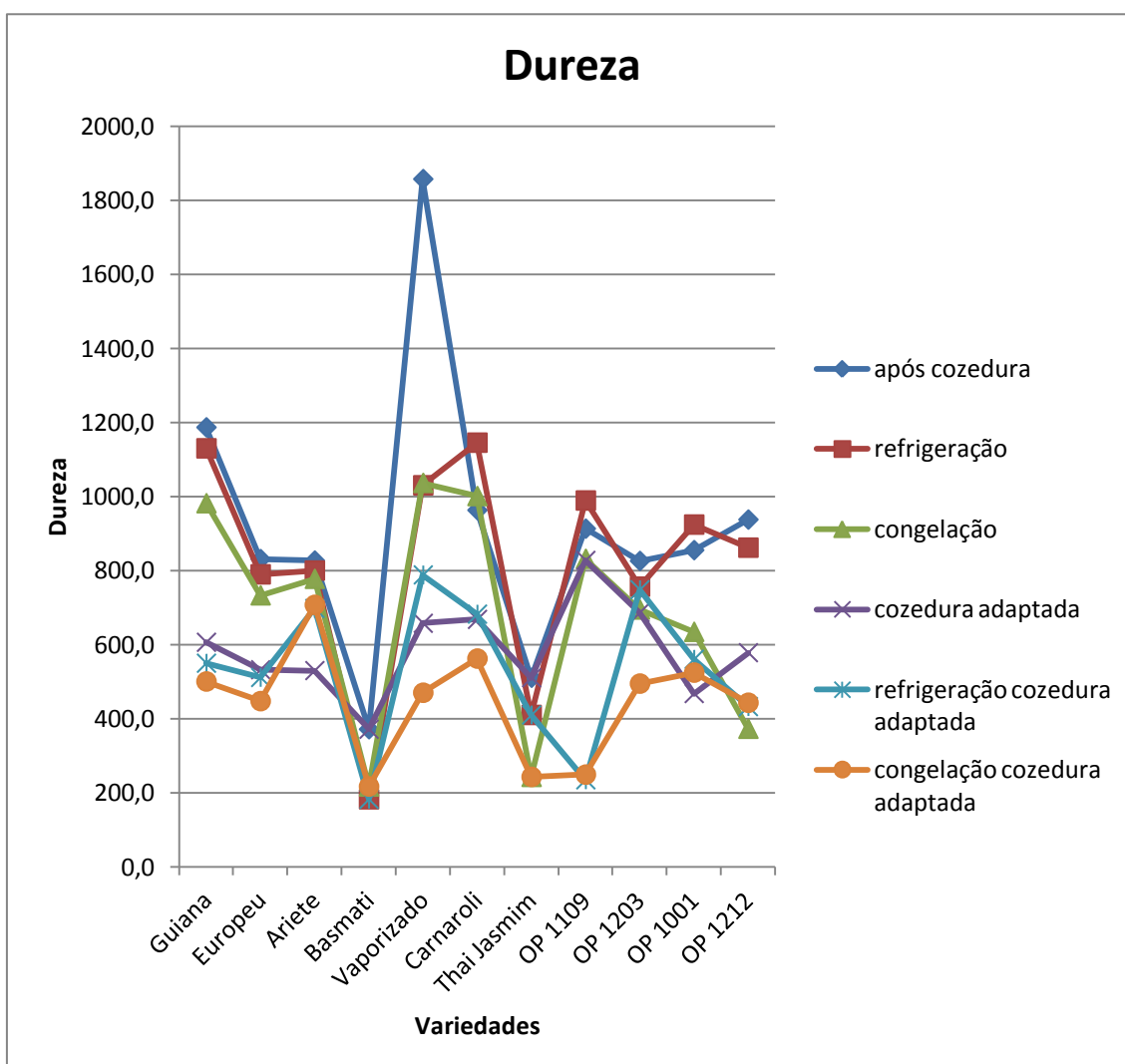


Figura 33 – Resultados de dureza, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Em relação ao parâmetro textural, dureza, verifica-se que possui valores maiores no após cozedura de 12 minutos em comparação com o após cozedura adaptada, exceto no arroz Thai jasmim e no arroz Basmati. Tal como já foi referido anteriormente, a cozedura de 12 minutos é suficiente para obter uma boa cozedura do arroz Thai jasmim e do arroz Basmati, no entanto, insuficiente para as restantes variedades, e, consequentemente, estas ainda ficam cruas e mais duras.

Da mesma forma, os valores de dureza das amostras refrigeradas e congeladas após cozedura de 12 minutos são superiores aos valores de dureza das amostras refrigeradas e congeladas após cozedura adaptada.

Os valores de dureza das amostras refrigeradas são na sua maioria superiores aos valores das amostras congeladas, independentemente do processo de cozedura anteriormente sofrido.

Focando a atenção nos resultados obtidos após a cozedura adaptada de cada uma das variedades, verifica-se que as variedades OP 1109 e OP 1203 são as mais duras, enquanto a OP 1001, juntamente com o arroz Basmati e Thai jasmim, são as variedades menos duras.

A Figura 34 representa os valores de dureza, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), cozedura adaptada, esterilização e pasteurização após cozedura de 5 minutos e, esterilização e pasteurização após cozedura de 12 minutos.

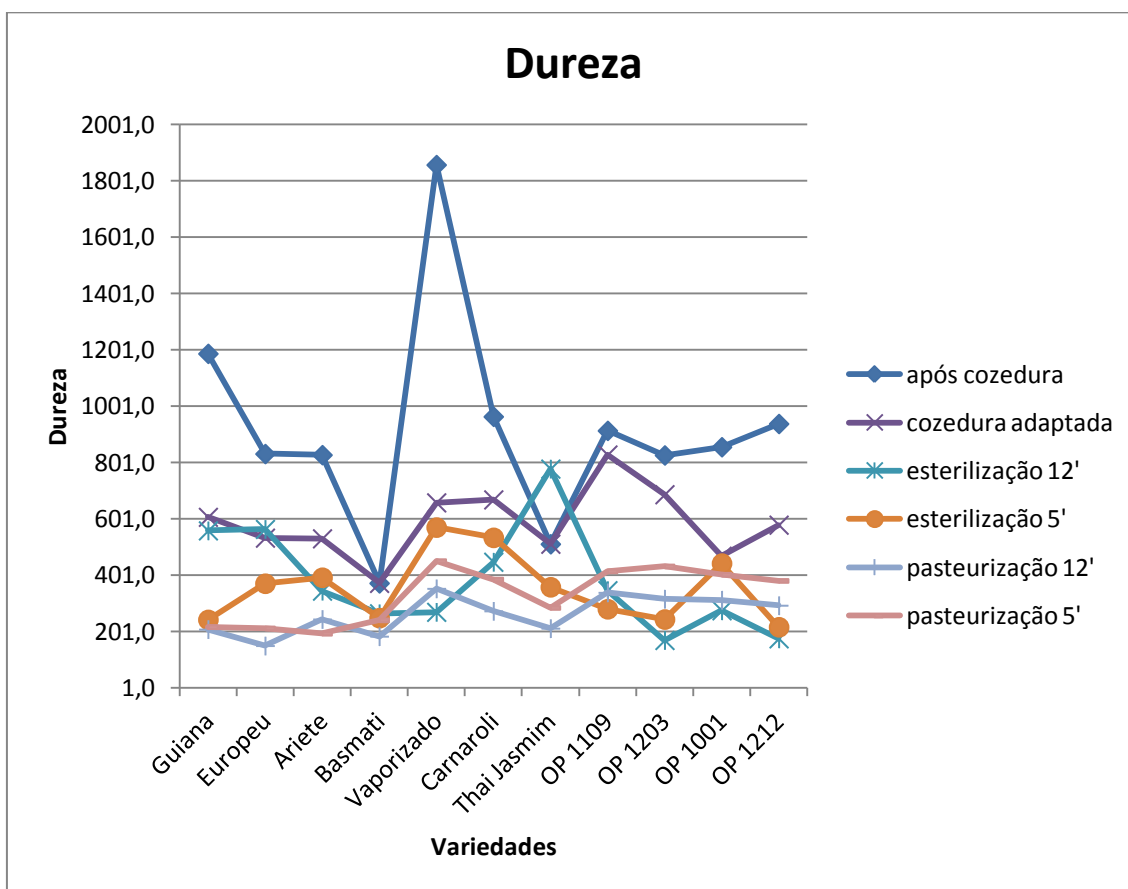


Figura 34 - Resultados de dureza, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Analisando o gráfico, pode-se concluir que os valores de dureza obtidos após a cozedura adaptada assemelham-se mais aos valores obtidos após esterilização do que após pasteurização.

Para a maioria das variedades, a esterilização ou a pasteurização após cozedura de 5 minutos origina um arroz mais duro do que os mesmos processos após cozedura de 12 minutos.

A Figura 35 representa os valores de dureza, em média, para cada variedade, após a submissão aos seguintes processos: cozedura (de 12 minutos), cozedura adaptada e secagem.

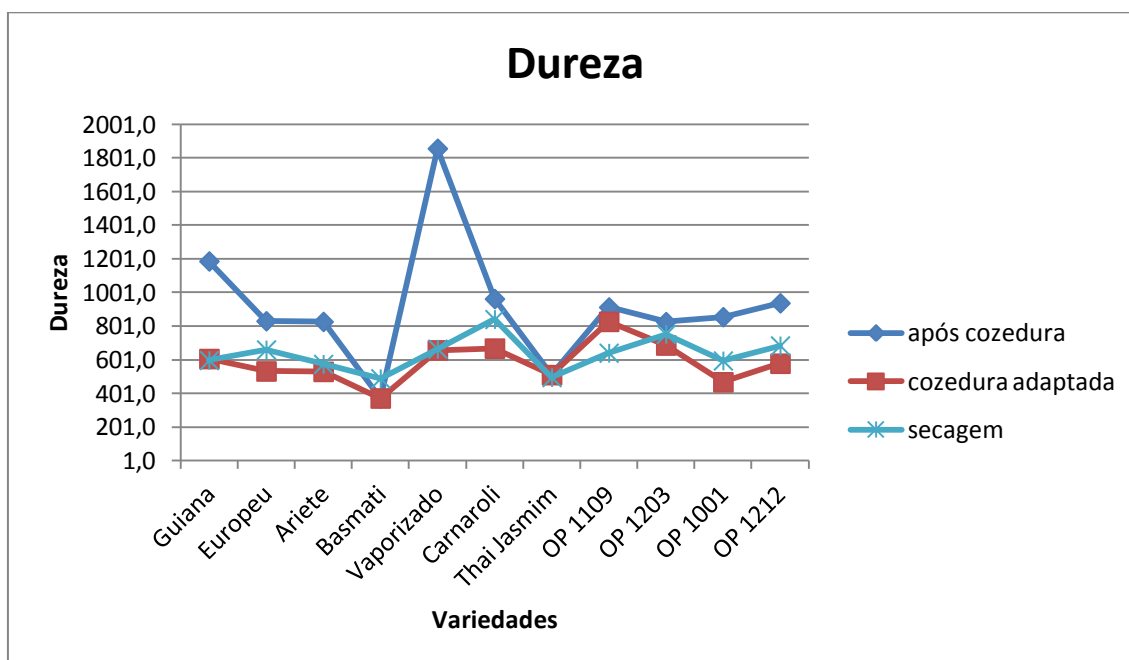


Figura 35 – Resultados de dureza, em média, para cada variedade de arroz após aplicação de determinado processo de cozedura/conservação.

Os valores de dureza das amostras de arroz submetidas à secagem são muito próximos dos valores de dureza característicos da cozedura adaptada. O arroz Carnaroli assume o lugar de variedade de arroz mais dura após secagem e rehidratação, ao contrário do arroz Basmati e Thai jasmim. De entre as variedades do INIAV, a que possui maior valor de dureza, em média, é a OP 1203 e a que possui menor é a OP 1001.

Procedeu-se à comparação das amostras em estudo esterilizadas após os dois processos de cozedura existentes com amostras esterilizadas, das mesmas variedades, comercializadas com a marca Pato Real Minuto. As variedades utilizadas para esta comparação foram arroz Carolino, arroz Agulha Europeu e arroz Basmati.

Na Figura 36 é possível visualizar onde se localizam cada uma das amostras relativamente aos parâmetros de textura, elasticidade e dureza. Na Figura 37 são observadas as mesmas amostras, mas numa análise à aderência.

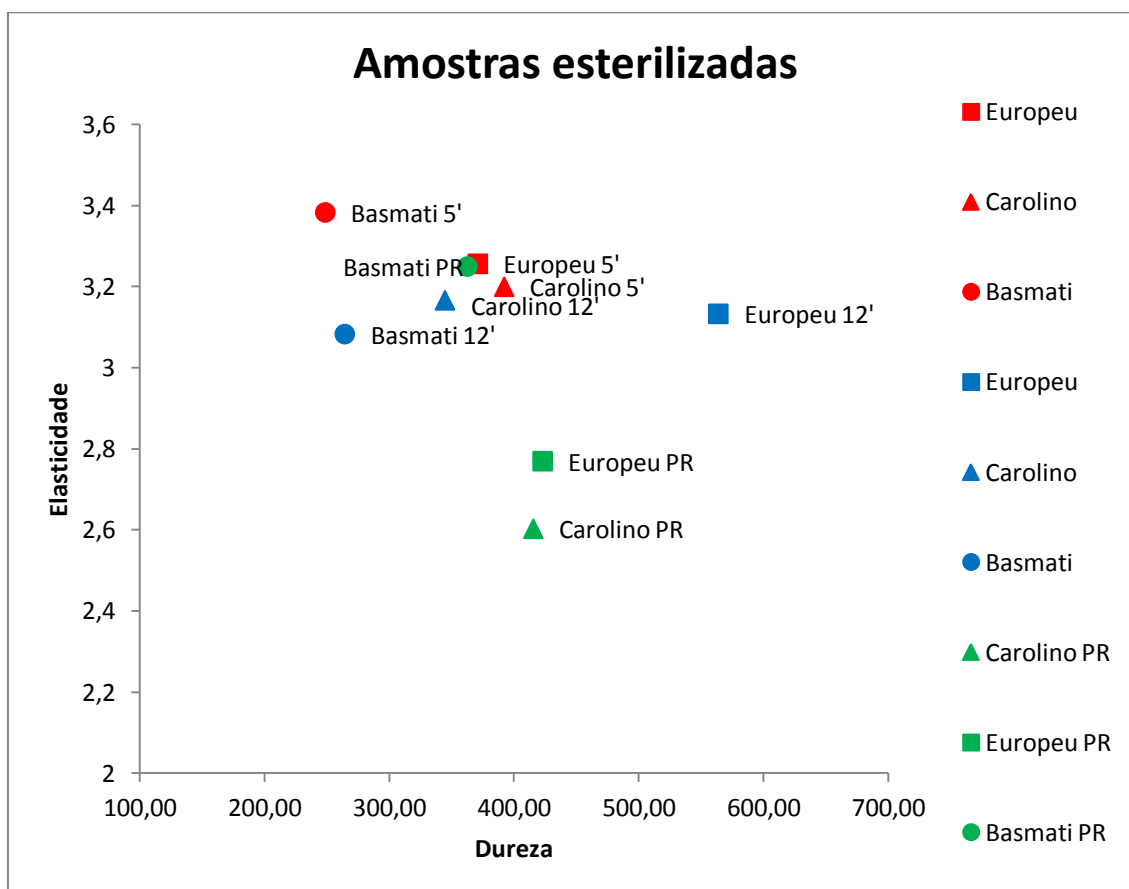


Figura 36 – Comparação da elasticidade e da dureza entre as amostras esterilizadas em estudo e as amostras esterilizadas no âmbito da produção de refeições pré-preparadas comercializadas com a marca Pato Real Minuto.

O gráfico permite afirmar que em termos de elasticidade, o arroz Basmati da marca PR Minuto situa-se entre o arroz Basmati esterilizado após cozedura de 5 minutos e o arroz Basmati esterilizado após cozedura de 12 minutos e, em termos de dureza, o Basmati PR Minuto é ligeiramente mais duro do que as restantes amostras de Basmati.

Relativamente ao arroz agulha Europeu PR Minuto e ao arroz Carolino PR Minutos, estes possuem menor elasticidade do que as restantes amostras. No entanto, no que toca à dureza, possuem um valor mais elevado do que as restantes amostras, exceto quando comparados com o arroz agulha Europeu esterilizado após cozedura de 12 minutos.

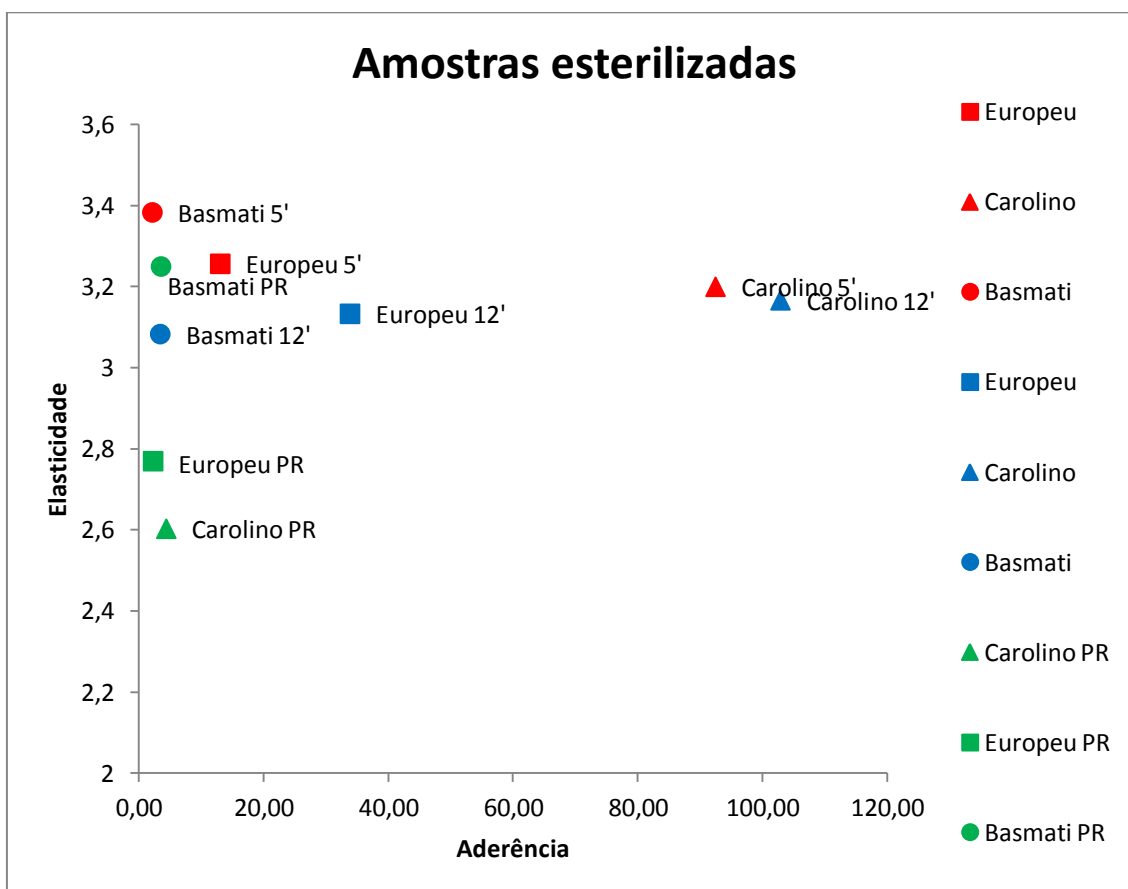


Figura 37 – Comparação da elasticidade e da dureza entre as amostras esterilizadas em estudo e as amostras esterilizadas no âmbito da produção de refeições pré-preparadas comercializadas com a marca Pato Real Minuto.

Focando a atenção no parâmetro de aderência, pode afirmar-se que o arroz agulha Europeu PR Minutos é menos adesivo do que as restantes amostras desta variedade, ou seja, é menos “pegajoso”.

Quanto ao arroz Basmati PR Minuto, da mesma forma que se situa entre as duas amostras de arroz Basmati estudadas, esterilizadas após cozeduras de diferentes durações, para a elasticidade, situa-se entre elas também para a aderência.

Relativamente ao arroz Carolino verifica-se uma grande diferença entre os valores de aderência do arroz Carolino PR Minuto e os valores de aderência das restantes amostras de arroz Carolino. O arroz Carolino PR Minuto é muito menos adesivo do que o arroz Carolino esterilizado após cozedura de 5 e 12 minutos, sendo que estas amostras são as mais adesivas de todas as amostras analisadas no gráfico.

2.2. Diferenças entre as variedades de arroz, independentemente do processo de cozedura/conservação

Primeiramente realizou-se o teste de Levene para verificar a existência ou não da homogeneidade das variâncias das variedades de arroz, relativamente a cada um dos parâmetros de textura selecionados (Tabela 10).

Tabela 10 – Teste de Levene aplicado para testar a homogeneidade das variâncias dos três parâmetros de textura selecionados, quando o fator é a variedade do arroz.

Teste de Homogeneidade de Variâncias				
	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Dureza	5,593	10	352	,000
Aderência	18,855	10	352	,000
Elasticidade	1,424	10	352	,168

Verifica-se que para os parâmetros “Dureza” e “Aderência” não existe homogeneidade de variâncias pelos diversos grupos de variedades do arroz pois $p < 0,05$, ao contrário do que acontece para o parâmetro “Elasticidade”.

Posteriormente efetuou-se um teste ANOVA para verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz em estudo, relativamente a cada parâmetro textural (Tabela 11).

Tabela 11 – Sumário do teste ANOVA para comparação dos 11 grupos de variedades de arroz, segundo cada parâmetro de textura.

		Soma dos Quadrados	Df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Dureza	Entre Grupos	5308415,704	10	530841,570	7,099	,000
	Nos grupos	26321787,424	352	74777,805		
	Total	31630203,128	362			
Aderência	Entre Grupos	369357,022	10	36935,702	16,677	,000
	Nos grupos	779596,782	352	2214,764		
	Total	1148953,804	362			
Elasticidade	Entre Grupos	20,661	10	2,066	6,461	,000
	Nos grupos	112,562	352	,320		
	Total	133,223	362			

Pela ANOVA verifica-se que para qualquer parâmetro de textura selecionado existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz. Para descobrir entre que variedades se encontram as diferenças recorreu-se aos testes de comparações múltiplas, mais especificamente, ao teste de Games-Howell para os parâmetros que não apresentaram homogeneidade de variâncias e ao teste de Tukey para o parâmetro que possuía variâncias homogêneas.

Na Tabela 12 e na Tabela 13 observa-se as diferenças entre as variedades de arroz ao nível da dureza e da aderência, respetivamente. Quanto à elasticidade, os grupos homogêneos de variedades encontram-se na Tabela 14. No Anexo V (Tabela 46) é possível visualizar as diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, no que corresponde à elasticidade.

Tabela 12 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à dureza.

Variável dependente	(I) Variedade	(J) Variedade	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Dureza	Basmati	Agulha (Guiana)	-346,34848	,000	-564,9193	-127,7776
		Agulha (Europeu)	-257,62121	,000	-410,4174	-104,8250
		Carolino	-283,63636	,000	-439,8626	-127,4101
		Agulha vaporizado	-470,89394	,000	-747,2997	-194,4881
		Carnaroli	-412,22727	,000	-602,2197	-222,2348
		Thai jasmim	-135,24242	,013	-253,7879	-16,6970
		OP 1109	-281,66667	,000	-467,7355	-95,5978
		OP 1203	-286,65152	,000	-441,9221	-131,3809
		OP 1001	-275,09091	,000	-416,7498	-133,4320
		OP 1212	-218,93939	,002	-380,9168	-56,9620
	Agulha vaporizado	Basmati	470,89394	,000	194,4881	747,2997
		Thai jasmim	335,65152	,010	50,7059	620,5972
	Carnaroli	Basmati	412,22727	,000	222,2348	602,2197
		Thai jasmim	276,98485	,001	74,0509	479,9188

Pela análise da Tabela 13 verifica-se que o arroz Basmati é estatisticamente diferente de todas as restantes variedades. O arroz Thai jasmim também possui diferenças quando comparado com o arroz agulha vaporizado e com o arroz Carnaroli. Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV, no que toca à dureza do arroz.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 13 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à aderência.

Variável dependente	(I) Variedade	(J) Variedade	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Aderência	Agulha (Guiana)	Carolino	52,41152	,000	20,3532	84,4699
		OP 1109	78,89152	,007	14,5212	143,2618
		OP 1203	37,66242	,003	8,1518	67,1730
		OP 1212	61,71455	,002	15,4778	107,9513
	Agulha (Europeu)	Carolino	55,85212	,000	25,1433	86,5609
		Thai jasmim	26,47515	,010	3,8587	49,0916
		OP 1109	82,33212	,004	18,5604	146,1038
		OP 1203	41,10303	,000	13,0941	69,1120
		OP 1212	65,15515	,001	19,7851	110,5252
	Basmati	Carolino	68,05909	,000	39,1233	96,9949
		Thai jasmim	38,68212	,000	18,6756	58,6887
		OP 1109	94,53909	,001	31,5587	157,5195
		OP 1203	53,31000	,000	27,2831	79,3369
		OP 1212	77,36212	,000	33,1300	121,5942
	Agulha vaporizado	Carolino	63,88030	,000	34,3387	93,4219
		Thai jasmim	34,50333	,000	13,6022	55,4044
		OP 1109	90,36030	,001	27,1070	153,6137
		OP 1203	49,13121	,000	22,4273	75,8351
		OP 1212	73,18333	,000	28,5603	117,8064
	Carnaroli	Carolino	45,56879	,003	9,8118	81,3258
		OP 1109	72,04879	,023	5,9876	138,1100
		OP 1212	54,87182	,016	6,1899	103,5538
	OP 1001	Carolino	67,50273	,000	38,3802	96,6253
		Thai jasmim	38,12576	,000	17,8446	58,4070
		OP 1109	93,98273	,001	30,9177	157,0477
		OP 1203	52,75364	,000	26,5183	78,9890
		OP 1212	76,80576	,000	32,4527	121,1589

Relativamente à aderência das variedades pode verificar-se que o arroz Carolino e as variedades OP 1109 e OP 1212 são estatisticamente diferentes das restantes variedades, à exceção do arroz Thai jasmim e OP 1203. O arroz OP 1203 também é significativamente diferente em termos estatísticos de todas as variedades exceto do arroz Carnaroli e das variedades OP 1212 e Thai jasmim como já foi referido. O arroz Thai jasmim é diferente de todas as variedades, à exceção das variedades já referidas e à exceção do arroz Agulha Guiana. De entre as variedades novas do INIAV, a única que se diferencia é a OP 1001. Entre as restantes não existem diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 14 – Grupos homogêneos de variedades de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à elasticidade.

Elasticidade				
Tukey HSD ^a				
Variedade	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
OP 1109	33	1,9485		
OP 1203	33	1,9858		
OP 1212	33	2,0018		
Thai jasmim	33	2,1294	2,1294	
Carolino	33	2,1479	2,1479	2,1479
Carnaroli	33	2,3494	2,3494	2,3494
Agulha (Guiana)	33		2,4533	2,4533
Agulha (Europeu)	33		2,4724	2,4724
OP 1001	33		2,5391	2,5391
Basmati	33		2,5576	2,5576
Agulha vaporizado	33			2,5912
Sig.		,134	,080	,059
São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.				
a. Usa o Tamanho de Amostra de Média Harmônica = 33,000.				

Segundo a tabela dos grupos homogêneos pode-se afirmar que, de entre as variedades do INIAV, apenas a variedade OP 1001 se diferencia, em termos de

elasticidade do arroz. Esta variedade possui maior semelhança com o arroz Agulha Europeu e com o arroz Basmati. Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades OP 1109, OP 1203 e OP 1212. Estas variedades também não possuem diferenças com significado estatístico quando comparadas com o arroz Thai jasmim, Carolino e Carnaroli. No entanto, possuem diferenças quando comparadas com as variedades agulha e com o arroz Basmati.

2.2.1. Diferenças entre os processos de cozedura/conservação, independentemente da variedade de arroz

Primeiramente realizou-se o teste de Levene para verificar a existência ou não da homogeneidade das variâncias dos processos de cozedura/conservação, relativamente a cada um dos parâmetros de textura selecionados (Tabela 15).

Tabela 15 - Teste de Levene aplicado para testar a homogeneidade das variâncias dos três parâmetros de textura selecionados, quando o fator é o processo de cozedura/conservação.

Teste de Homogeneidade de Variâncias				
	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Dureza	7,435	10	352	,000
Aderência	13,595	10	352	,000
Elasticidade	2,495	10	352	,007

Não existe homogeneidade de variâncias pelos diversos grupos de processos de cozedura/conservação, uma vez que $p(\text{sig}) < 0,05$.

Realizando um teste ANOVA é possível verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação em estudo, relativamente a cada parâmetro textural (Tabela 16).

Tabela 16 - Sumário do teste ANOVA para comparação dos 11 grupos de processos de cozedura/conservação de arroz, segundo cada parâmetro de textura.

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Dureza	Entre Grupos	14656306,416	10	1465630,642	30,394	,000
	Nos grupos	16973896,712	352	48221,297		
	Total	31630203,128	362			
Aderência	Entre Grupos	274129,811	10	27412,981	11,030	,000
	Nos grupos	874823,993	352	2485,295		
	Total	1148953,804	362			
Elasticidade	Entre Grupos	64,608	10	6,461	33,145	,000
	Nos grupos	68,615	352	,195		
	Total	133,223	362			

Como $p < 0,05$ para qualquer parâmetro pode-se afirmar que existem diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação do arroz. Dado que não existe homogeneidade de variâncias, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Games-Howell para cada um dos parâmetros texturais e verificou-se onde se encontram as diferenças.

As diferenças significativas entre os processos, ao nível da dureza do arroz, independentemente da variedade, encontram-se na Tabela 47 do Anexo VI. A Tabela 48 mostra as diferenças existentes entre os processos ao nível da aderência, da mesma forma que a Tabela 49 mostra para a elasticidade, no mesmo Anexo.

2.2.2. Diferenças existentes entre as variedades de arroz, ao nível dos parâmetros de textura “Dureza”, “Aderência” e “Elasticidade”, para cada processo de cozedura/conservação

Depois da verificação das diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, independentemente do processo de cozedura/conservação e, vice-versa, procedeu-se à análise das diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, para cada um dos processos de cozedura/conservação. Foram escolhidos 3 parâmetros, onde os efeitos interativos variedade x tratamento são significativos. Consequentemente deve-se analisar as diferentes variedades em cada tratamento, ou vice-versa. Há no entanto tratamentos que se podem agrupar, por exemplo, processamentos térmicos com diferentes tempos de pré-cozedura. As figuras seguintes mostram os resultados divididos por tipo de tratamento, marcando-se como ponto de referência o arroz cozido simplesmente, pelo tempo e quantidade de água ajustados. Serão apresentados os gráficos “Springiness” versus “Hardness”, ou seja, Elasticidade versus Dureza, bem como, os gráficos “Adhesiveness” versus “Springiness”, ou seja, Aderência versus Elasticidade. O parâmetro elasticidade deve ser analisado observando sempre os primeiros gráficos, ou seja, tendo em conta sempre o gráfico Elasticidade versus Dureza. Como há 3 parâmetros são necessários 2 gráficos para cada caso.

A Figura 38 e a Figura 39 mostram as diferenças entre variedades do arroz após cozedura ajustada a um padrão de qualidade semelhante, isto é, trata-se do arroz cozinhado como apropriado para consumo.

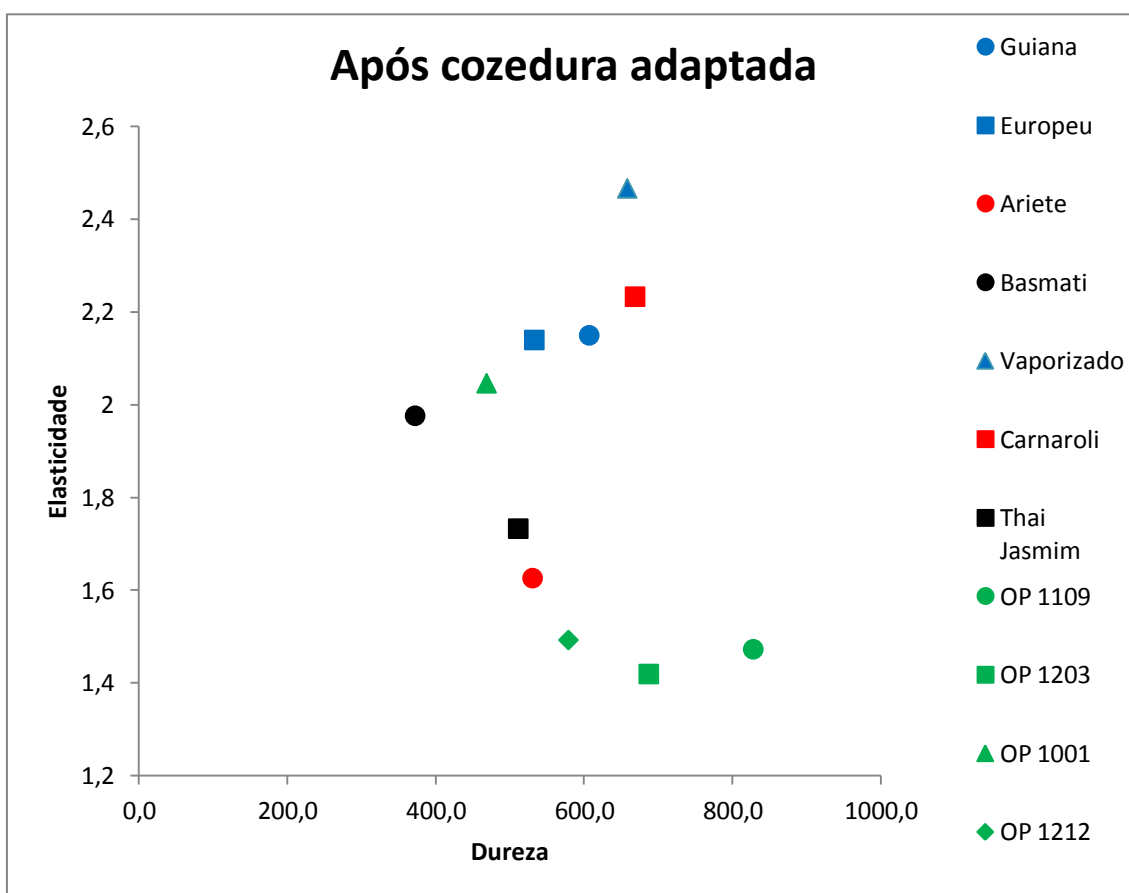


Figura 38 - Elasticidade e dureza das diferentes variedades após cozedura ajustada à qualidade final.

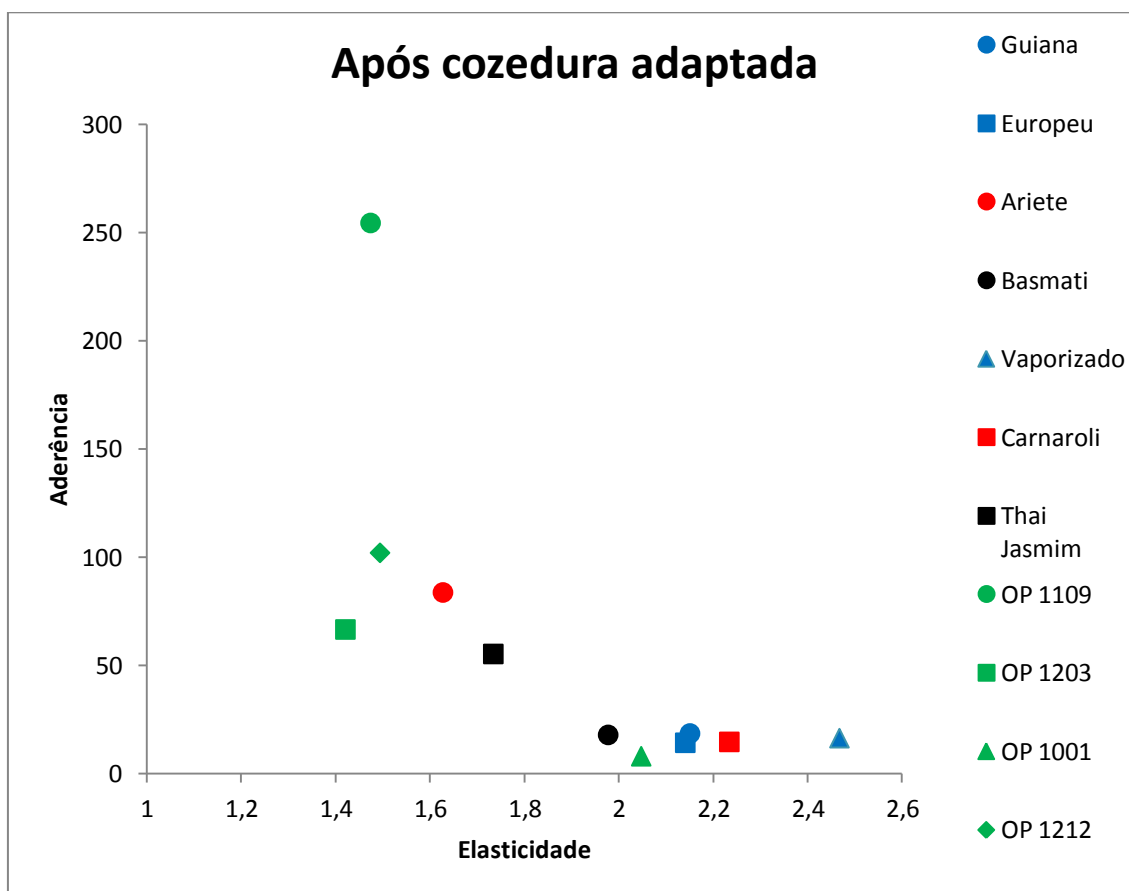


Figura 39 – Aderência e elasticidade das diferentes variedades após cozedura ajustada à qualidade final.

Pode-se verificar que três das variedades do INIAV são claramente diferentes, a OP 1109, a OP 1212 e a OP 1203. Estas possuem valores de elasticidade mais baixos do que todas as variedades comerciais. A variedade OP 1001 apresenta valores semelhantes ao híbrido agulha Europeu, no que toca aos três parâmetros em estudo. A aderência da variedade OP 1001 é das mais baixas, ao nível do arroz Basmati e Agulha vaporizado.

A Figura 40 e a Figura 41 mostram a diferença da textura quando a cozedura é feita de forma padrão, ou seja, em que todas as variedades são cozinhadas durante o mesmo tempo, em excesso de água. Os símbolos “abertos” são os mesmos pontos das figuras anteriores, correspondentes à referência do arroz ótimo para consumo, e os símbolos “cheios” ou “preenchidos” correspondem aos da cozedura padrão (12 minutos).

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

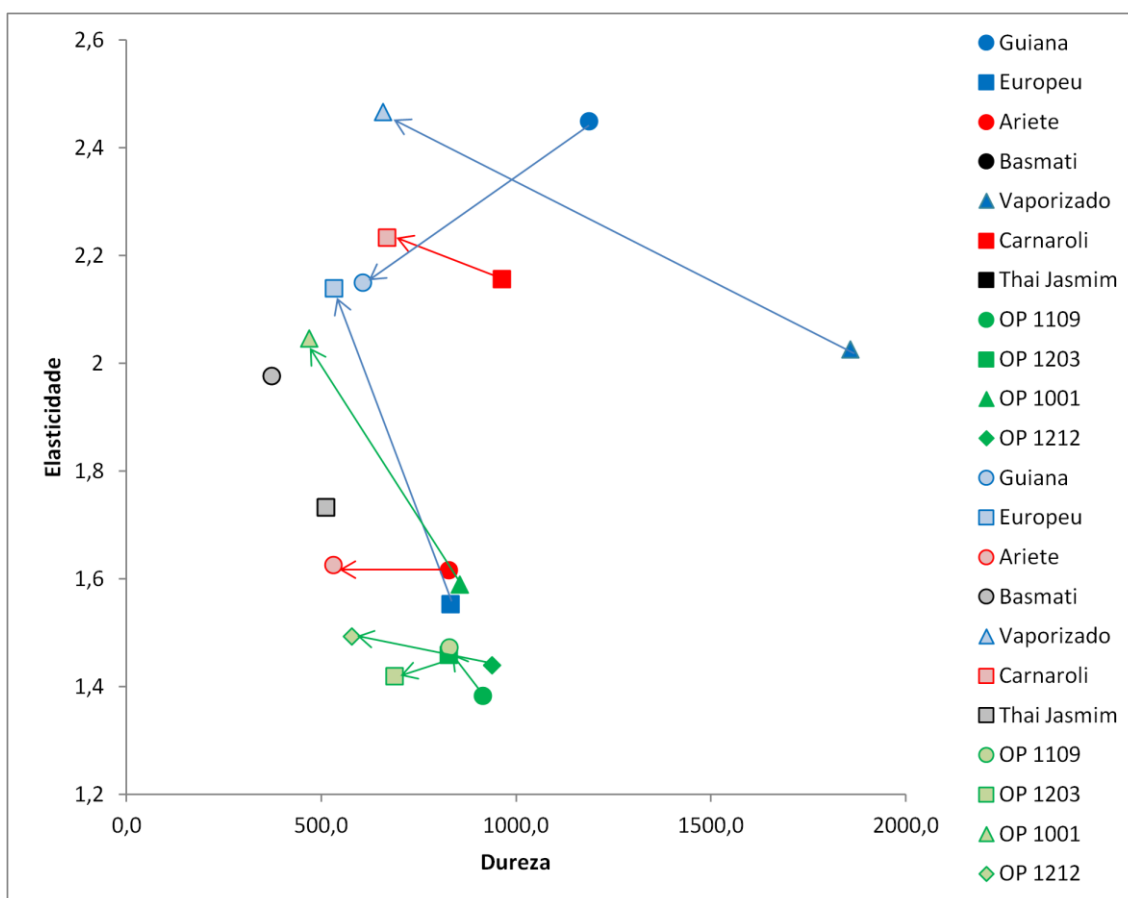


Figura 40 - Efeito da cozedura padrão comparada com a ajustada nos parâmetros de textura elasticidade e dureza.
Sentido das setas: Cozedura padrão para cozedura adaptada.

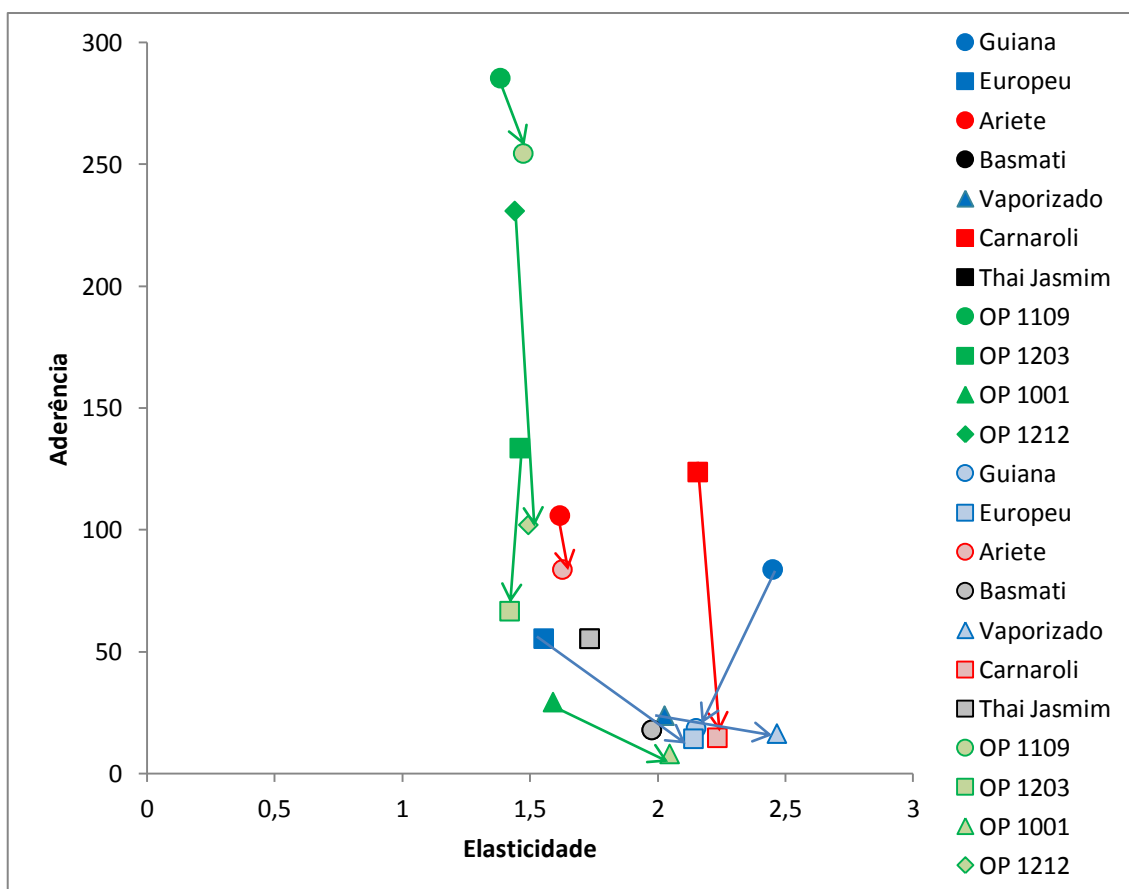


Figura 41 - Efeito da cozedura padrão comparada com a ajustada nos parâmetros de textura aderência e elasticidade.

Sentido das setas: Cozedura padrão para cozedura adaptada.

Pode-se visualizar que a cozedura é a mesma de facto para o Basmati e para o Thai jasmim. Para outras variedades, a dureza e a aderência aumentam geralmente com o excesso de água e tempo padrão, umas mais que outras. As variedades OP 1109, 1212 e 1203 são das que menos variam, enquanto a OP 1001 já mostra uma variação muito significativa, com a cozedura padrão a provocar uma grande diminuição da elasticidade, o que se verifica igualmente para o agulha Europeu. Essa perda de elasticidade é exatamente o contrário do que acontece com o agulha Guiana, um genuíno *Indica*, que é o único que aumenta a elasticidade com a cozedura padrão comparada com a ajustada. A variedade OP 1001 é a que mais se diferencia das variedades do INIAV, com o mesmo tipo de comportamento do arroz agulha Europeu. As outras três variedades OP têm parâmetros de textura claramente diferentes de todas as variedades comerciais.

Se a refrigeração mantivesse o arroz bom para consumo, tal qual o arroz acabado de fazer, então os gráficos de textura dos refrigerados seriam iguais. A Figura 42 e a Figura 43 mostram os resultados de textura após a refrigeração do arroz ótimo para consumo, ou seja, após a refrigeração do arroz cozido adequadamente.

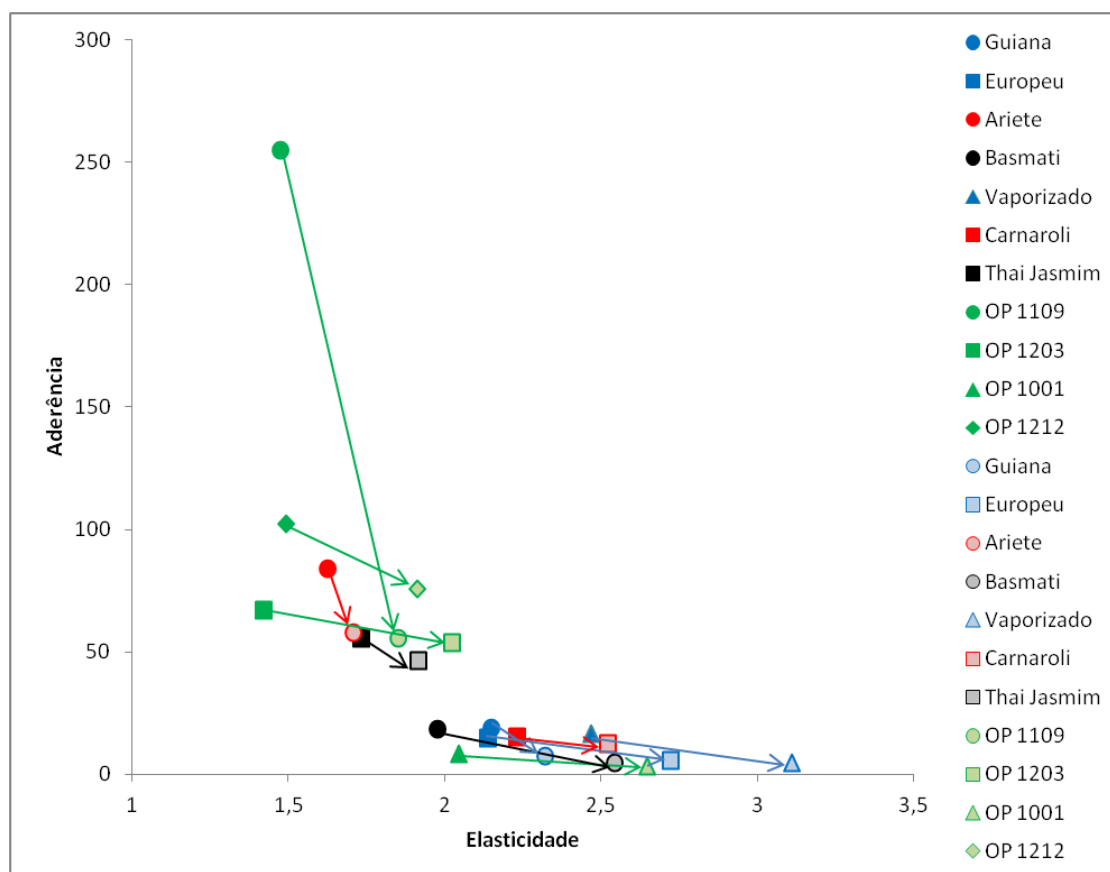


Figura 42 - Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras refrigeradas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).

Sentido das setas: Cozedura adaptada para refrigeração após cozedura adaptada.

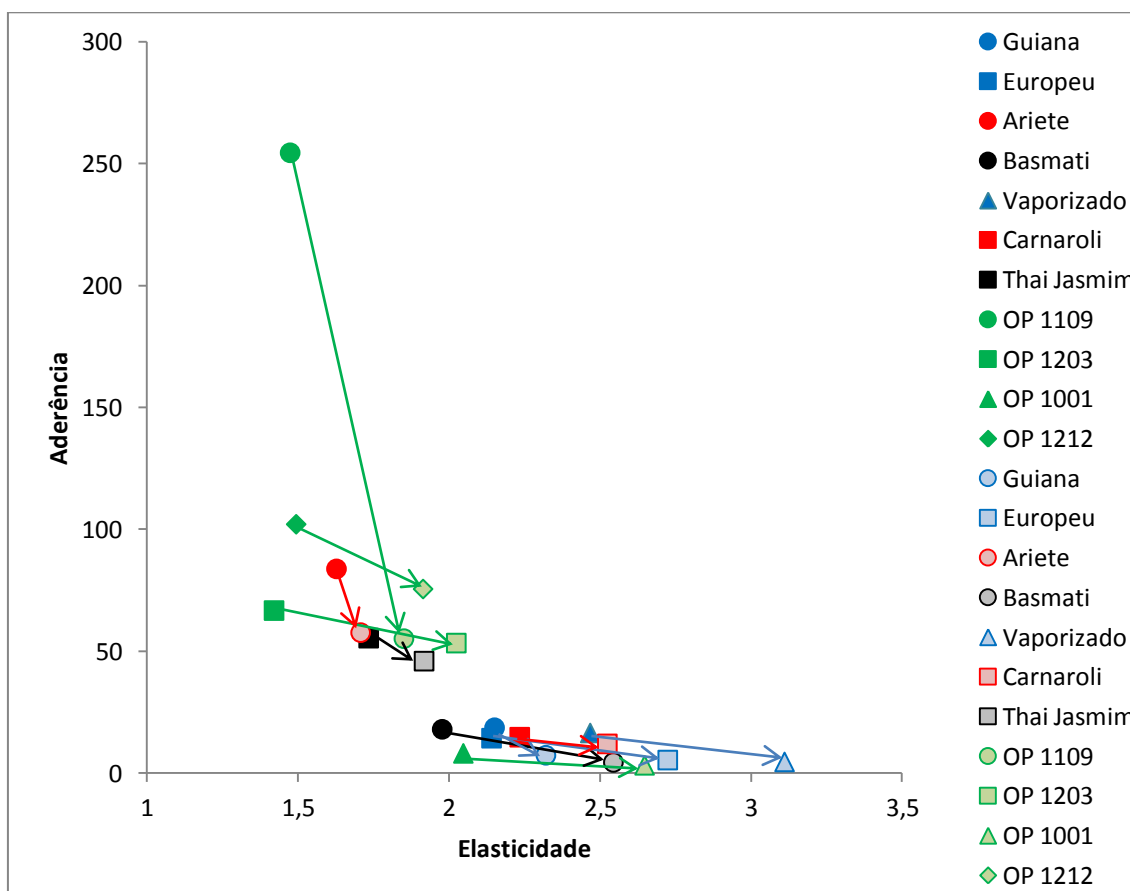


Figura 43 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras refrigeradas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).

Sentido das setas: Cozedura adaptada para refrigeração após cozedura adaptada.

A dureza aumenta em alguns casos com a refrigeração, nomeadamente, no arroz Agulha Europeu e no OP 1001, mas baixa noutros, sobretudo no arroz Basmati e OP 1109. Verifica-se que a refrigeração baixa a aderência das amostras OP 1109, 1212 e 1203, tendo em geral o mesmo efeito nas restantes variedades. Relativamente à elasticidade, esta aumenta para todas as variedades em estudo depois da refrigeração.

Focando a atenção apenas nos resultados das amostras refrigeradas, uma vez mais se verifica que o arroz OP 1001 se comporta de forma muito semelhante ao híbrido agulha Europeu. As restantes variedades do INIAV fazem um grupo distinto com o Carolino e o Thai jasmim, apresentando baixa elasticidade e elevada aderência. O OP 1001 apresenta-se perto das variedades da subespécie *Indica*, assim como, do Basmati e do Carnaroli.

A Figura 44 e a Figura 45 mostram os resultados da congelação após cozedura ajustada.

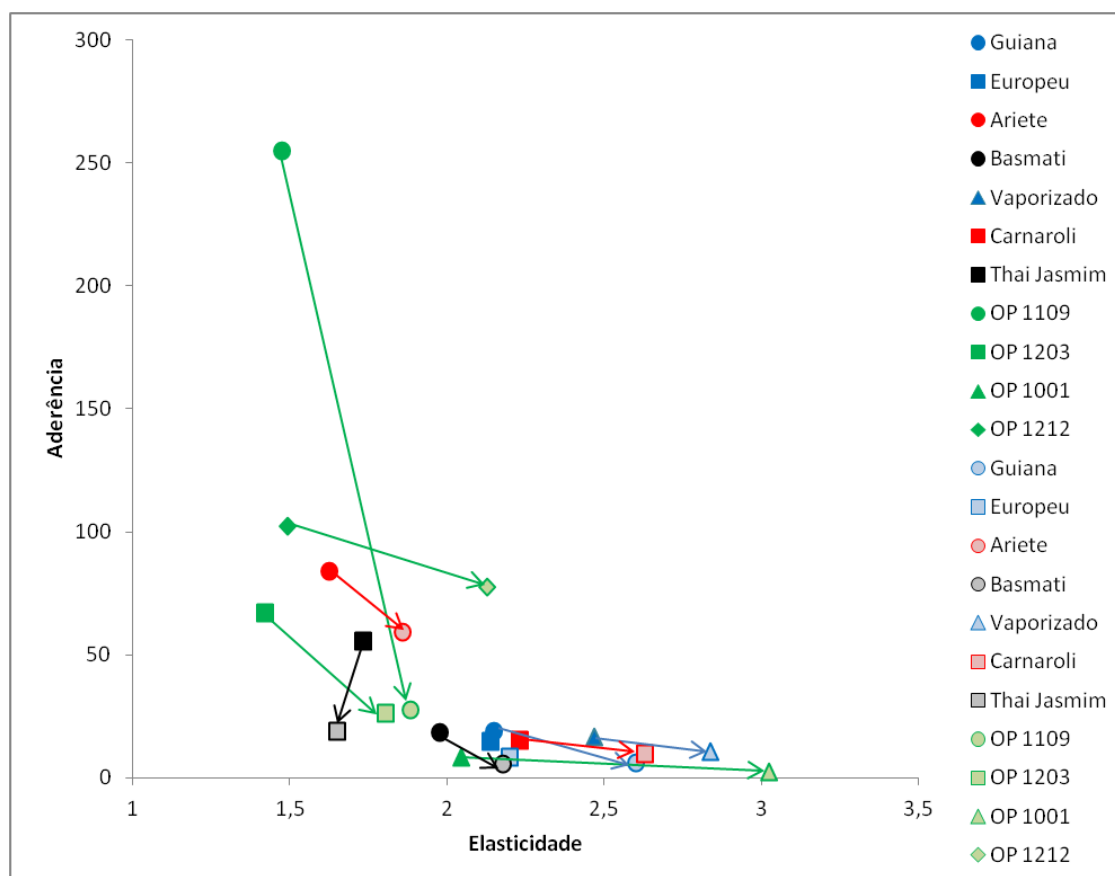


Figura 44 - Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras congeladas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).

Sentido das setas: Cozedura adaptada para congelação após cozedura adaptada.

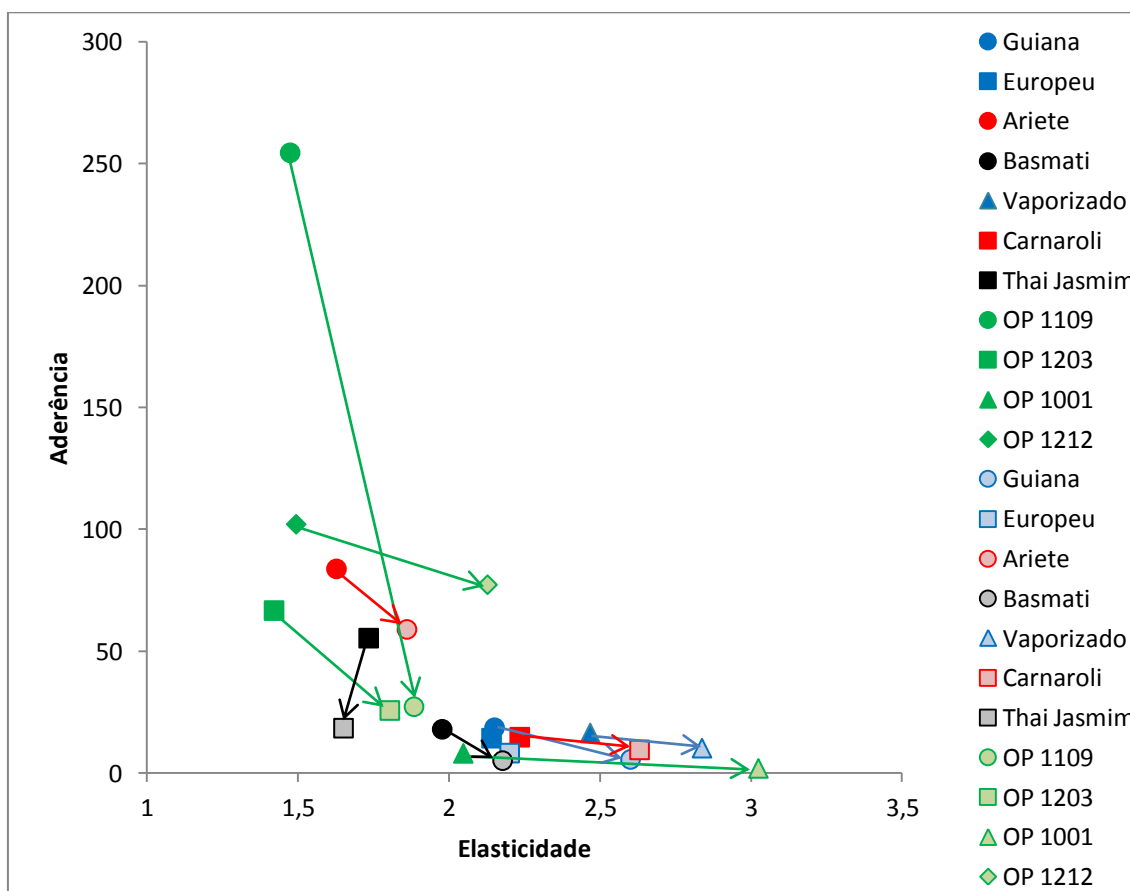


Figura 45 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras congeladas comparadas com as suas propriedades após a cozedura (ajustada).

Sentido das setas: Cozedura adaptada para congelamento após cozedura adaptada.

A variedade OP 1001 apresenta características muito diferentes, aumentando bastante a elasticidade em relação ao valor do pós-cozedura.

A congelação baixa muito a aderência das variedades INIAV, aumentando-lhes a elasticidade. O Carnaroli, ao sofrer congelação, tem um comportamento parecido com o Agulha vaporizado, Agulha Guiana e OP 1001. O Thai jasmim tem um resultado curioso, sendo a única variedade que diminui a elasticidade com a congelação.

A Figura 46 e a Figura 47 comparam os parâmetros texturais selecionados obtidos após a cozedura ajustada com os obtidos após a pasteurização, neste caso, aplicada depois de uma cozedura de 5 minutos.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

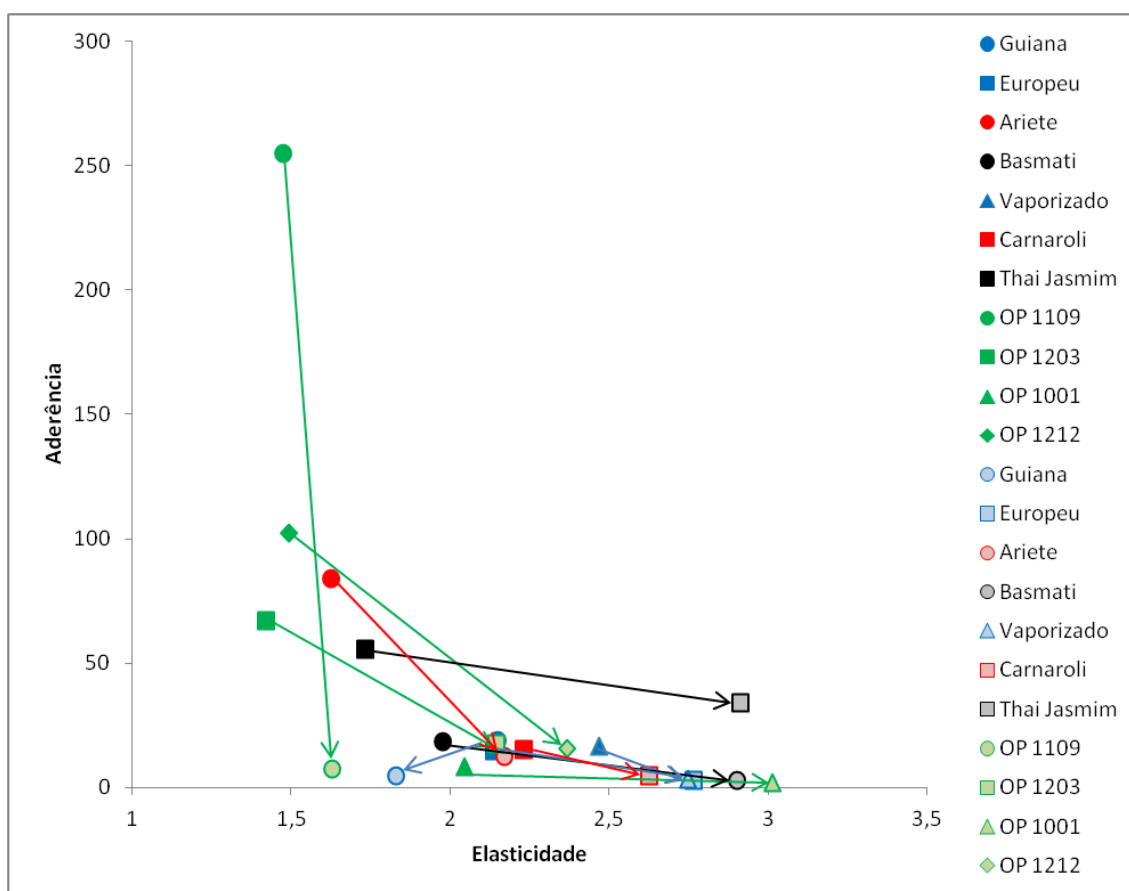


Figura 46- Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras pasteurizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.
Sentido das setas: Cozedura adaptada para pasteurização.

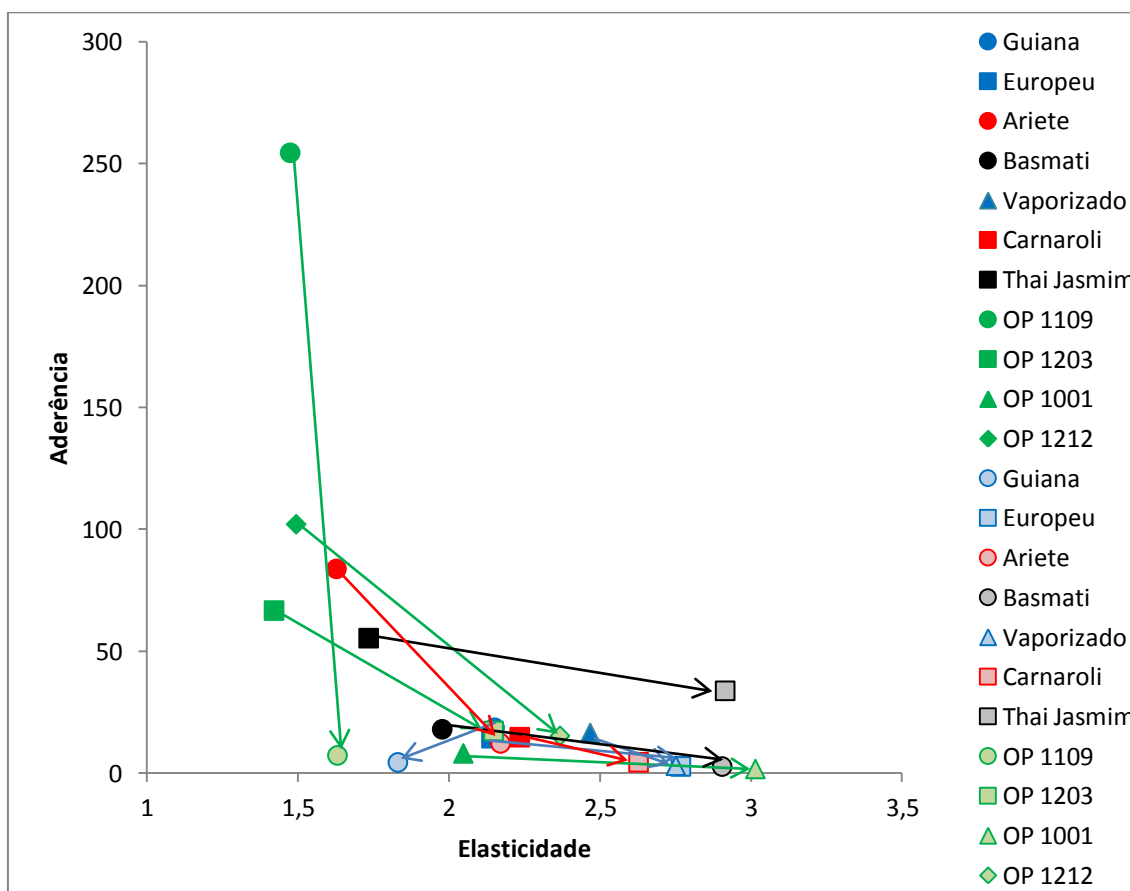


Figura 47 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras pasteurizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.
Sentido das setas: Cozedura adaptada para pasteurização.

Verifica-se que com a pasteurização obtêm-se variedades menos duras mas mais elásticas, à exceção do arroz Agulha Guiana, cuja elasticidade é menor do que após cozedura adaptada. Analisando o parâmetro aderência, esta é menor nas amostras pasteurizadas do que nas amostras acabadas de cozer. As variedades OP 1109, OP 1203 e OP 1212, têm juntamente com o arroz Carolino, um grande decréscimo nos valores de aderência após a pasteurização, enquanto o OP 1001 não, assemelhando-se às variedades *Indica*.

Na Figura 48 e na Figura 49 é possível visualizar o que acontece aos parâmetros de textura das amostras quando são esterilizadas após cozedura de 5 minutos.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

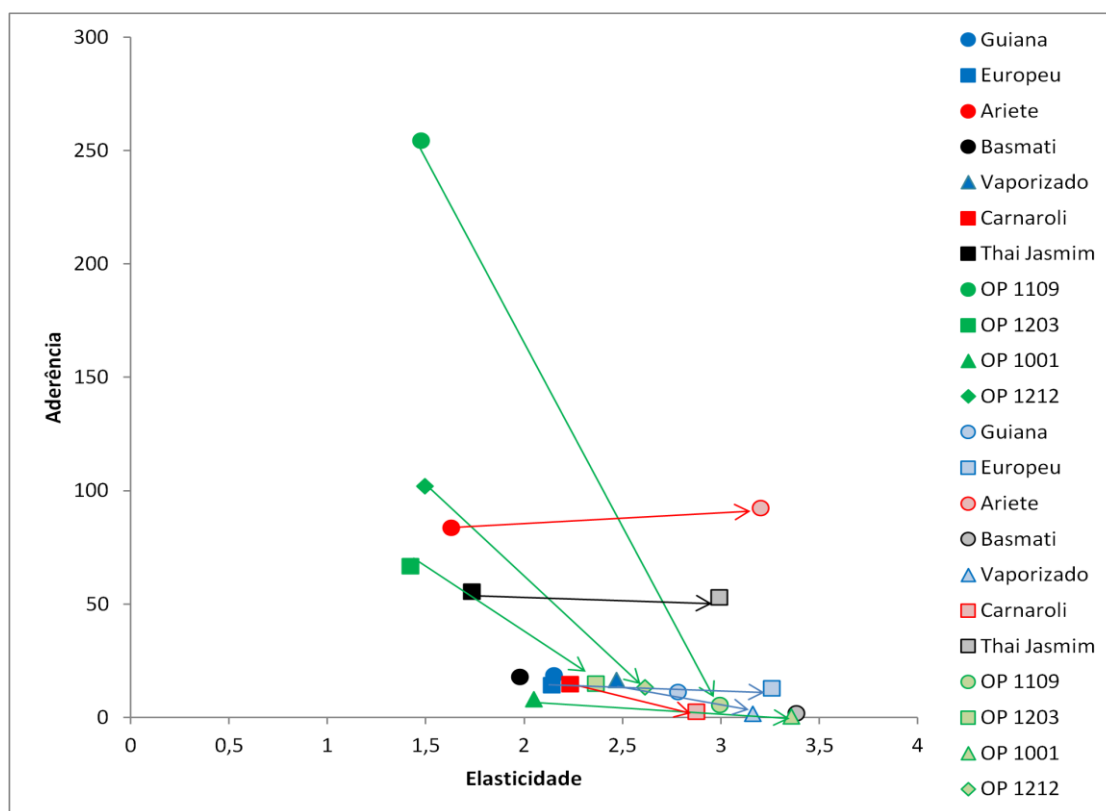


Figura 48- Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras esterilizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.

Sentido das setas: Cozedura adaptada para esterilização.

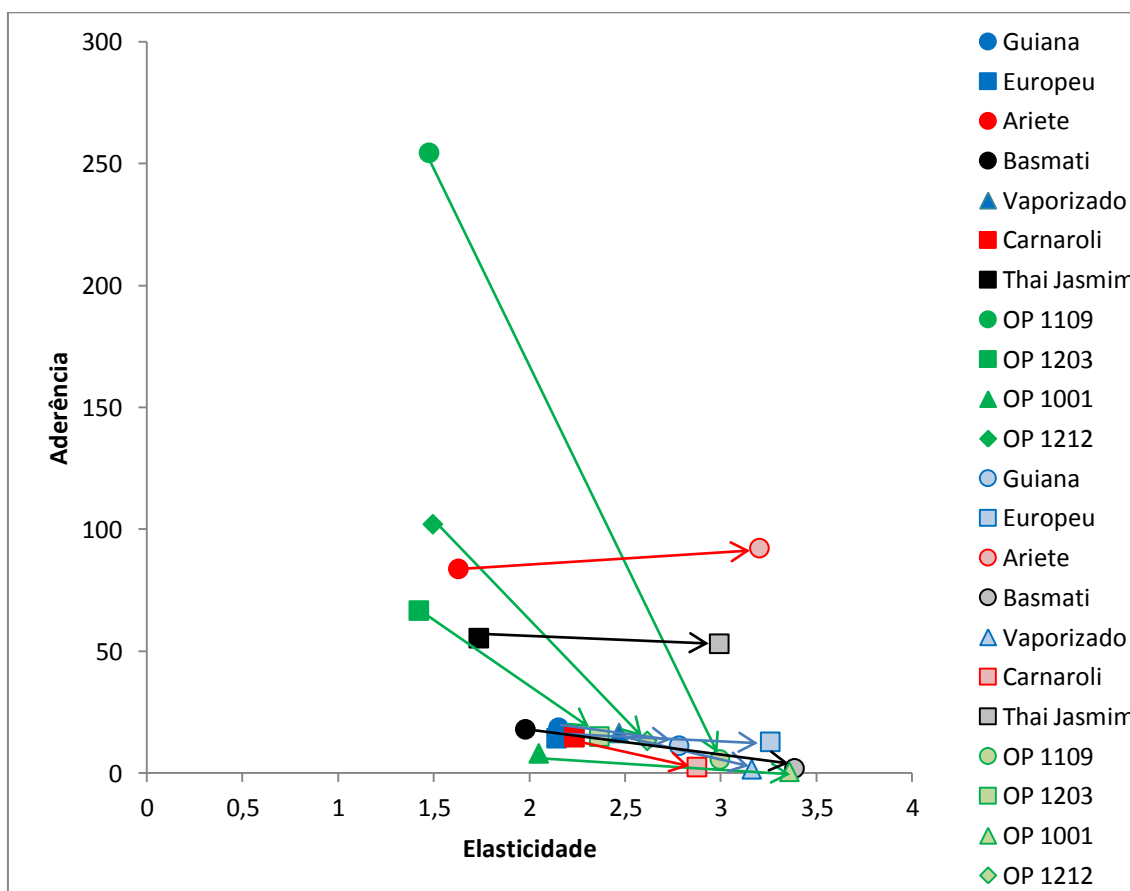


Figura 49 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras esterilizadas após cozedura de 5 minutos, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.
Sentido das setas: Cozedura adaptada para esterilização.

Tal como na pasteurização, a dureza das variedades diminui com o processo de esterilização e a elasticidade aumenta, quando comparadas com o após cozedura ajustada. Relativamente à aderência, verifica-se que as amostras esterilizadas são menos aderentes do que as amostras acabadas de cozer. De entre as variedades do INIAV, a que se diferencia mais é a OP 1001, uma vez que é a única que se aproxima bastante das variedades comerciais, à exceção do arroz Carolino e Thai jasmim.

Por fim foram comparados os valores de aderência, elasticidade e dureza das amostras secas e rehidratadas com os valores do após cozedura (ajustada). Os resultados observam-se na Figura 50 e na Figura 51.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

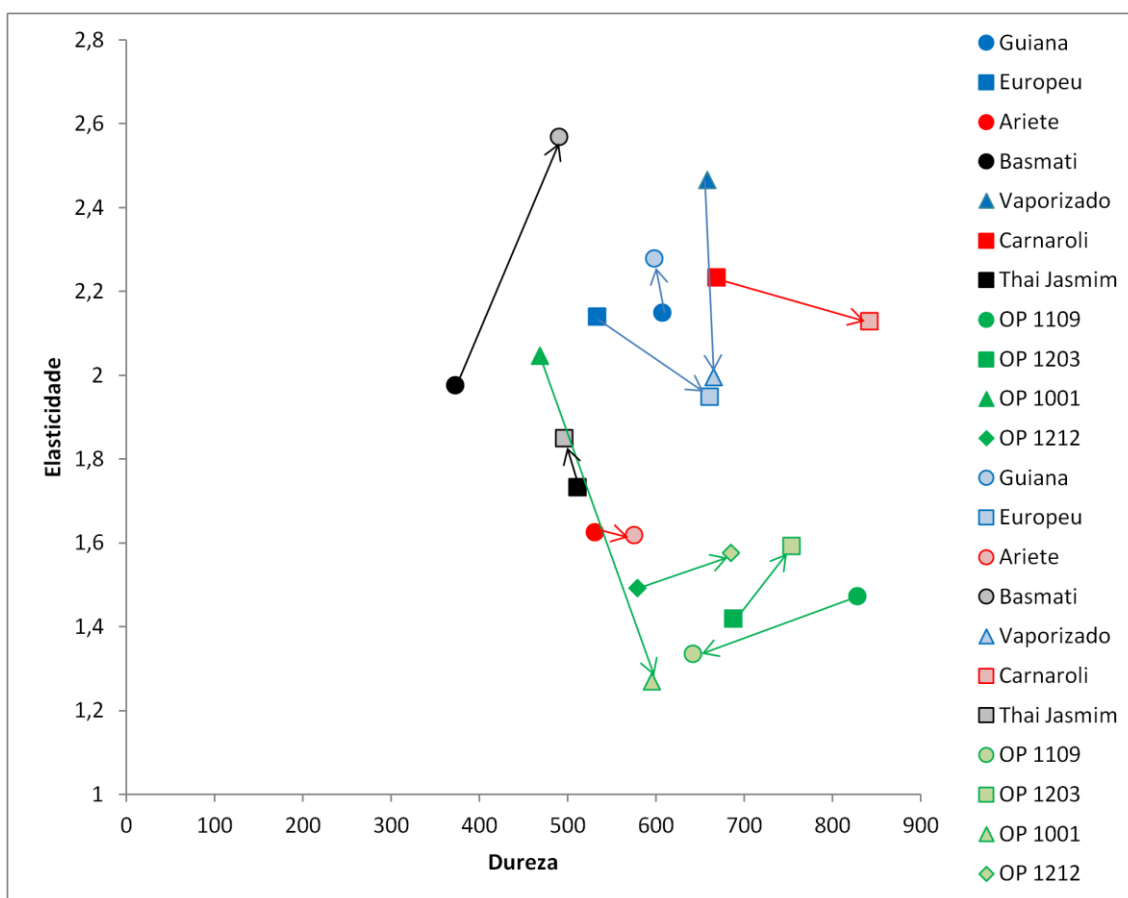


Figura 50 - Parâmetros de textura elasticidade e dureza, das amostras secas e rehidratadas, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.

Sentido das setas: Cozedura adaptada para secagem.

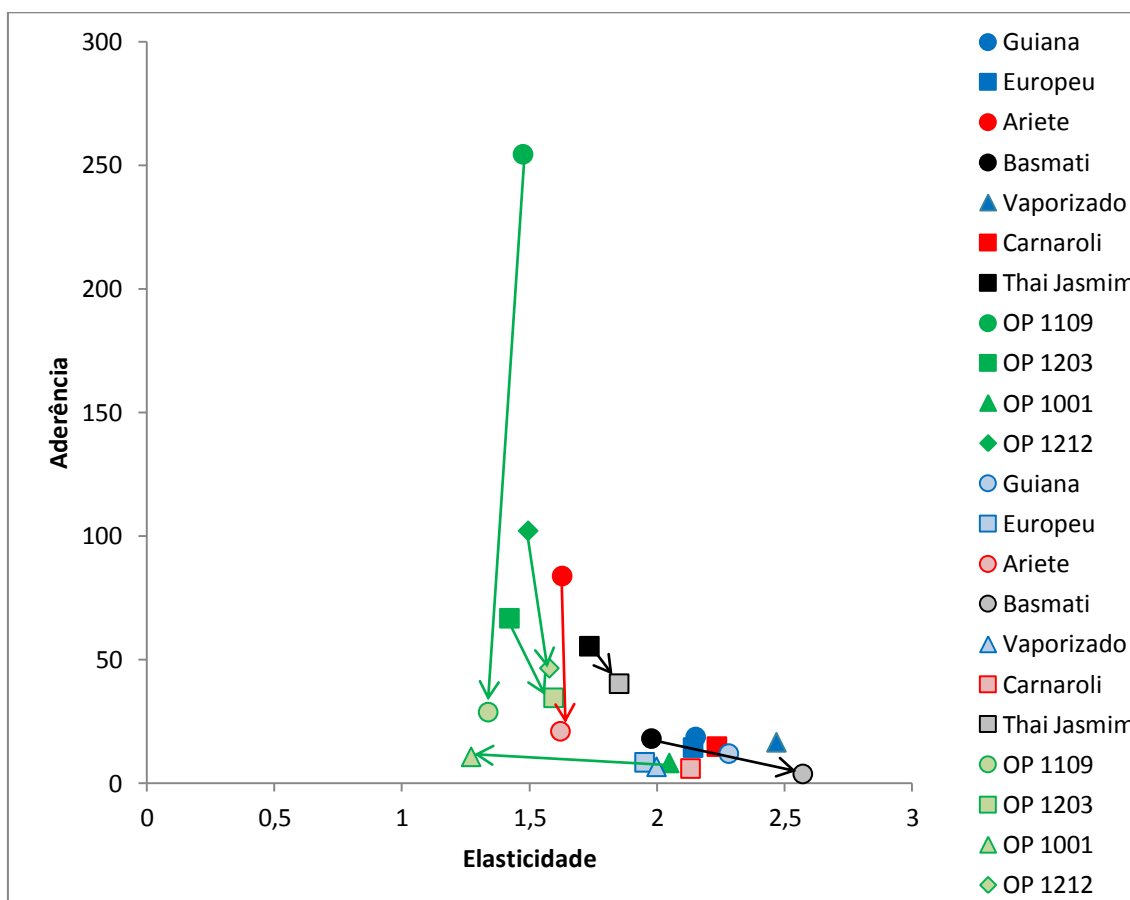


Figura 51 - Parâmetros de textura aderência e elasticidade, das amostras secas e rehidratadas, comparadas com as suas propriedades após a cozedura ajustada.

Sentido das setas: Cozedura adaptada para secagem.

As amostras, ao sofrerem o processo de secagem, adquirem quase todas, uma maior dureza. O contrário verifica-se, muito ligeiramente, no arroz Carolino e Agulha Guiana. No entanto, a dureza diminui bastante no arroz OP 1109.

O processo de secagem causa um aumento da elasticidade para as variedades Agulha Guiana, Basmati, Thai jasmim, OP 1212 e OP 1203, e vice-versa para as restantes variedades em estudo.

Relativamente à aderência, esta é sempre menor nas amostras secas e rehidratadas do que nas amostras após cozedura adaptada, exceto no arroz OP 1001. No entanto, permanece praticamente igual. Mais uma vez é notória a aproximação da variedade OP 1001 com o arroz Agulha Europeu.

No Anexo VII é possível visualizar os gráficos relativos aos três parâmetros texturais nos quais a análise incidiu, que diferenciam os processos de

cozedura/conservação, para cada variedade de arroz. Para além destes, encontram-se disponíveis para visualização, os mesmos tipos de gráficos para as diferentes combinações de variedades.

A Tabela 17 resume as diferenças estatisticamente significativas entre as variedades desenvolvidas pelo INIAV, para cada processo de cozedura/conservação.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura e processamento industrial

Tabela 17 – Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV, de acordo com os três parâmetros texturais selecionados e para os diferentes processos de cozedura e de conservação.

Processos de cozedura / conservação	Parâmetros texturais		
	Dureza	Aderência	Elasticidade
Após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas.	OP 1001 estatisticamente diferente de OP 1212 e OP 1109 e homogéneo de Basmati e vaporizado. OP 1109 estatisticamente diferente de OP 1203 e de todas as variedades comerciais. OP 1203 homogéneo de OP 1212 e OP 1001, mas diferente do Basmati e do vaporizado.	Não existem diferenças estatisticamente significativas. Apenas OP 1001 não apresenta diferenças estatisticamente significativas com Agulha (Guiana).
Após cozedura adaptada	OP 1001 e OP 1212 estatisticamente diferentes de OP 1109. OP 1001, OP 1212 e OP 1203 sem diferenças estatisticamente significativas entre si; OP 1109 e OP 1203 homogéneos entre si e com Carnaroli, Agulha vaporizado e Agulha Guiana; OP 1001 e OP 1212 homogéneos do arroz Basmati.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1212, OP 1203 e OP 1001. OP 1109 apresenta diferenças estatisticamente significativas com todas as variedades comerciais e do INIAV.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1212, OP 1203 e OP 1109, sendo estas diferentes de OP 1001, de Agulha (Guiana), Agulha (europeu), Carnaroli e Agulha vaporizado e homogéneas de Ariete e Thai jasmim.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Refrigeração após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1203 e OP 1212 homogéneos de Thai jasmim	OP 1212 apenas não possui diferenças estatisticamente diferentes com OP 1109 e Ariete. OP 1001 possui diferenças estatisticamente diferentes com OP 1212, OP 1109 e Ariete. OP 1203 diferente de OP 1212.	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1001 não apresenta diferenças do arroz Basmati ao contrário das variedades OP 1212, OP 1203 e OP 1109.
Refrigeração após cozedura adaptada	OP 1109 e OP 1212 homogéneos entre si e estatisticamente diferentes de OP 1203. OP 1212 e OP 1001 homogéneos. OP 1001 e OP 1203 não possuem diferenças estatisticamente significativas entre si, bem como com o arroz vaporizado. OP 1109 e OP 1212 sem diferenças de significado estatístico quando comparados com o arroz Basmati.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1212, OP 1109 e OP 1203, as quais são homogéneas apenas do arroz Ariete e Thai jasmim. OP 1001 é diferente de todas as variedades já mencionadas.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1212, OP 1203 e OP 1109. OP 1001 é estatisticamente diferente de OP 1212 e de OP 1109, mas homogéneo de OP 1203. OP 1001 é diferente de Ariete e Thai jasmim. OP 1212 e OP 1109 são diferentes de Agulha (europeu) e Agulha vaporizado.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Congelação após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1212 estatisticamente diferente de Agulha Guiana, Agulha vaporizado e Carnaroli; OP 1109 estatisticamente diferente de Thai jasmim e Basmati.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1203, OP 1212, OP 1109 e Ariete. OP 1001 possui diferenças estatisticamente diferentes com OP 1203, OP 1212, OP 1109 e Ariete, as quais são diferentes do Basmati e do Thai jasmim.	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1109 é estatisticamente diferente do arroz vaporizado ao contrário das restantes variedades.
Congelação após cozedura adaptada	OP 1109 estatisticamente diferente das restantes variedades OP, sendo homogéneo do Basmati e do Thai jasmim; Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1203, OP 1212 e OP 1001; OP 1109, OP 1212 e OP 1203 estatisticamente diferentes de Ariete.	OP 1212 é estatisticamente diferente de todas as variedades exceto do arroz Ariete. Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1109, OP 1203 e OP 1001.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1212, OP 1203 e OP 1109. Estas são estatisticamente diferentes de OP 1001, o qual é homogéneo do arroz Agulha (Guiana), Carnaroli e Agulha Vaporizado. As variedades homogéneas de OP 1212, OP 1203 e OP 1109 são o Thai jasmim, Basmati e Agulha (europeu).

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Esterilização após cozedura de 5 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1001 homogéneo de Carnaroli e Agulha vaporizado	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1001 e OP 1109 possuem diferenças estatisticamente significativas com Thai jasmim, ao contrário de OP 1203 e de OP 1212.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1109, OP 1212 e OP 1203. OP 1001 é estatisticamente diferente de OP 1203 e homogéneo de OP 1212 e de OP 1109.
Esterilização após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1109 homogéneo de Agulha Guiana e Agulha Europeu; Todas as variedades estatisticamente diferentes do arroz Thai jasmim.	OP 1109 possui diferenças estatisticamente diferentes de OP 1203, OP 1212 e OP 1001. OP 1203 estatisticamente diferente de OP 1001. OP 1212 e OP 1001 homogéneos de Basmati e vaporizado. OP 1109 homogéneo de Thai jasmim e Ariete.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1203, OP 1109 e OP 1001. OP 1212 é homogéneo apenas de OP 1203.
Pasteurização após cozedura de 5 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1212 é a única homogénea de Ariete; OP 1109 e OP 1203 diferentes de Agulha Europeu; OP 1203 diferente de Agulha Guiana.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1109, OP 1212 e OP 1203. OP 1001 é diferente de OP 1203 e homogéneo de OP 1212 e OP 1109.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre quaisquer variedades.

Pasteurização após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre todas as variedades, incluindo as comerciais.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1109, OP 1212 e OP 1203. Estas possuem diferenças com OP 1001e não possuem com o arroz Ariete.	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1001 é estatisticamente diferente do arroz Thai jasmim, Carnaroli e Ariete.
Secagem	Não existem diferenças estatisticamente significativas.	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre OP 1109, OP 1212 e OP 1203. OP 1001 é diferente de OP 1212 e homogéneo de OP 1203 e OP 1109.	Não existem diferenças estatisticamente significativas. OP 1001 e OP 1109 são estatisticamente diferentes do arroz Basmati, ao contrário de OP 1203 e OP 1212.

3. Análise sensorial realizada na empresa Ernesto Morgado, S.A.

A análise instrumental de textura pode ser uma forma mais objetiva e precisa de caracterizar um aspeto importante do valor sensorial das diferentes amostras, relativo a mastigação e aspeto gomoso/solto, e a absorção de água uma forma precisa de caracterizar o potencial para o gosto, mas sabe-se que estas correlações são por vezes ténues e não revelam de forma eficaz o aroma e gosto da prova real do arroz confeccionado. Consequentemente, a análise sensorial é o ponto último mais importante a considerar. Existem, no entanto, diferentes atributos que podem ser muito correlacionados entre si, ou que podem não distinguir bem as diferentes variedades. Consequentemente, as questões fundamentais sobre estes parâmetros são quais os parâmetros necessários para caracterizar as diferentes amostras (não correlacionáveis entre si) e quais os parâmetros que distinguem bem as diferentes variedades e processamentos.

3.1. Diferenças entre variedades, independentemente do processo de cozedura/conservação, para cada atributo sensorial

Os atributos sensoriais mais relevantes são aqueles que distinguem entre variedades tão bem que, em média, qualquer que seja o processo industrial e os tempos de pré-cozimento há diferenças significativas entre as variedades. Será então possível analisar onde se inserem as novas variedades INIAV nos grupos homogêneos, comparando assim o seu comportamento ao de variedades comerciais.

Para as diferentes variedades em estudo, foram encontradas as diferenças estatisticamente significativas entre elas ao nível dos atributos sensoriais avaliados, independentemente do processo de cozedura ou de conservação em causa.

Na Tabela 18 é possível visualizar o teste de homogeneidade de variâncias, para concluir se existe homogeneidade de variâncias entre as variedades para os diferentes atributos sensoriais.

Tabela 18 – Teste de Levene para testar homogeneidade de variâncias entre as variedades, para cada atributo sensorial.

Teste de homogeneidade de variâncias				
	Estatística de Levene	gl1	gl2	P
Aparência	.	10	.	.
Coesividade	4,322	10	352	,000
Dureza ao trincar	5,222	10	352	,000
Comportamento ao mastigar	5,552	10	352	,000
Sabor	15,802	10	352	,000
Aroma	14,222	10	352	,000
Alongamento dos grãos	58,366	10	352	,000
Apreciação global	4,857	10	352	,000

Não existe homogeneidade de variâncias entre os 11 grupos de variedades de arroz para as variáveis associadas à análise sensorial porque o valor de prova do teste de Levene é inferior a 0,05 qualquer que seja o parâmetro sensorial considerado. Não foi determinada a estatística de Levene para o parâmetro sensorial “Aparência” porque

para este atributo foram atribuídas classificações correspondentes a apenas dois grupos: 4 - “Creme, Branco/acastanhado” e 5 - “Branco”, como se comprova pela distribuição de frequências presente na Tabela 19.

Tabela 19 – Tabela de frequências relativa ao atributo sensorial “Aparência”.

		N	%
Aparência	Creme; Branco/acastanhado	99	27,3
	Branco	264	72,7
	Total	363	100,0

Aplicou-se o teste ANOVA para se verificar se existiam ou não diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente aos diferentes atributos sensoriais. Os resultados apresentam-se na Tabela 20.

Tabela 20 – Sumário do teste ANOVA para comparação dos 11 grupos de variedades de arroz.

		Soma dos quadrados	GI	Quadrado da média	F	p
Coesividade	Entre grupos	270,793	10	27,079	30,820	,000
	Dentro de grupos	309,273	352	,879		
	Total	580,066	362			
Dureza ao trincar	Entre grupos	103,686	10	10,369	6,006	,000
	Dentro de grupos	607,636	352	1,726		
	Total	711,322	362			
Comportamento ao mastigar	Entre grupos	136,562	10	13,656	5,027	,000
	Dentro de grupos	956,182	352	2,716		
	Total	1092,744	362			
Sabor	Entre grupos	,248	10	,025	3,200	,001
	Dentro de grupos	2,727	352	,008		
	Total	2,975	362			

Aroma	Entre grupos	,446	10	,045	2,880	,002
	Dentro de grupos	5,455	352	,015		
	Total	5,901	362			
Alongamento dos grãos	Entre grupos	24,050	10	2,405	20,421	,000
	Dentro de grupos	41,455	352	,118		
	Total	65,504	362			
Apreciação global	Entre grupos	61,140	10	6,114	13,796	,000
	Dentro de grupos	156,000	352	,443		
	Total	217,140	362			

Pelo teste ANOVA conclui-se que existem diferenças significativas em pelo menos um dos 11 grupos de variedades do arroz, no que respeita a qualquer parâmetro sensorial, pois todos os valores de prova, p , são inferiores a 0,05.

Para averiguar qual ou quais as variedades de arroz onde se verificaram essas diferenças significativas, determinou-se o teste de comparações múltiplas de Games-Howell, adequado para quando existem dúvidas de igualdade de variâncias. Aplicando este teste verifica-se as semelhanças e diferenças de qualidade sensorial.

As tabelas presentes no Anexo VIII contêm apenas as variedades de arroz que possuem diferenças significativas entre si em relação a cada um dos parâmetros sensoriais.

Através da análise à Tabela 50 (Anexo VIII) verifica-se as diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, relativamente à coesividade.

As variedades OP 1212 e OP 1109 são estatisticamente diferentes de todas as restantes variedades exceto do arroz Carolino Ariete. A variedade OP 1203 também é diferente de todas as variedades exceto do arroz Carolino e Carnaroli. A variedade OP 1001 apresenta diferenças com significado estatístico quando comparada com o arroz Basmati, agulha vaporizado, OP 1109 e OP 1203. O arroz OP 1001 não apresenta diferenças de significado estatístico com o arroz agulha Europeu, Carnaroli, Thai jasmim e agulha Guiana. Em média a coesividade do arroz agulha Guiana é significativamente maior do que a coesividade do arroz Carolino, OP 1109, OP 1203 e

OP 1212, porque a média amostral da diferença tem valores positivos associados a um valor de prova $p < 0,05$.

Quanto ao atributo dureza ao trincar (Tabela 51), verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre o arroz Agulha vaporizado e o arroz Basmati, OP 1212 e Thai jasmim. O arroz OP 1212, Thai jasmim e Basmati também são diferentes a um nível estatístico significativo do arroz agulha (Guiana). Para além disso, o arroz Thai jasmim é diferente do OP 1109 e OP 1203, sendo este último diferente do arroz OP 1212. O arroz Carnaroli é significativamente diferente do Thai jasmim e do OP 1212. As restantes combinações de variedades não possuem diferenças estatisticamente significativas entre si.

Relativamente ao comportamento ao mastigar, as diferenças apresentam-se na Tabela 52. A variedade OP 1203 é, de forma significativa, estatisticamente diferente das variedades OP 1212, Carolino (Ariete), Basmati e Thai jasmim. O arroz Agulha (Guiana) apresenta diferenças estatisticamente significativas do arroz OP 1212, Carolino (Ariete) e Basmati, enquanto o arroz agulha vaporizado apresenta diferenças apenas quando comparado com o arroz OP 1212 e o Carolino (Ariete). Todas as outras variedades apresentam diferenças estatisticamente insignificantes entre si.

As tabelas de comparações múltiplas para os parâmetros “Sabor” e “Aroma” não foram determinadas pois a distribuição de frequências do parâmetro sabor apenas refere 0,8% (3) para “Satisfatório” e os restantes 99,2% (360) para “Bom”. O mesmo se passou com o “Aroma”, 1,7% (6) consideraram “Leve” e 98,3% (357) consideraram “Ótimo”, tal como se pode observar na Tabela 21. Assim, pode afirmar-se que o “Sabor” e o “Aroma” não permitem uma boa diferenciação entre as variedades.

Tabela 21 - Tabela de frequências relativa ao “Sabor” e ao “Aroma”.

		N	%
Sabor	Satisfatório	3	,8
	Bom	360	99,2
	Total	363	100,0
Aroma	Leve	6	1,7
	Ótimo	357	98,3
	Total	363	100,0

Relativamente aos resultados da Tabela 53, referentes ao atributo sensorial “Alongamento dos grãos”, conclui-se que a variedade OP 1212 é estatisticamente diferente de todas as variedades, exceto da OP 1109 e Carnaroli.

As variedades OP 1109 e OP 1001 possuem diferenças estatisticamente significativas do arroz Agulha Guiana, Agulha vaporizado, Basmati, Thai jasmim e Carnaroli, mas não entre si. Tanto uma como outra variedade não são estatisticamente diferentes do arroz Agulha Europeu. O arroz OP 1203 também é diferente do arroz OP 1109 e do Agulha Europeu.

Por fim, quando se analisa a “Apreciação Global” (Tabela 54), verifica-se que o arroz OP 1109 apresenta diferenças estatisticamente significativas de todas as variedades exceto do arroz OP 1203. O arroz OP 1203 é, da mesma forma, diferente, das variedades OP 1212, Thai jasmim, OP 1001 e Basmati. No entanto, não se diferencia do arroz Carnaroli, Agulha vaporizado, Carolino, Agulha Guiana e Europeu. O arroz OP 1001 é também estatisticamente diferente do arroz Agulha Guiana e, o arroz OP 1212 também possui diferenças comparado com o arroz Basmati. O arroz OP 1212 não possui diferenças significativas com as variedades Agulha (Guiana, Europeu e vaporizado), Carolino, Carnaroli e Thai jasmim. O arroz OP 1001 não é diferente do arroz Agulha Europeu, Carolino, Basmati, vaporizado, Carnaroli e Thai jasmim.

Assim, pode-se afirmar que cinco dos oito atributos avaliados através da análise sensorial do arroz cozido e submetido a diferentes processos de conservação são importantes uma vez que apresentam diversas diferenças estatisticamente significativas entre as amostras. Os atributos referidos são a coesividade, a dureza ao trincar, o comportamento ao mastigar, o alongamento dos grãos e a apreciação global.

3.2. Diferenças existentes entre as variedades de arroz, para cada processo de cozedura/conservação, independentemente do atributo sensorial

Para as diferentes variedades em estudo, foram encontradas as diferenças estatisticamente significativas entre elas ao nível dos processos de cozedura ou de conservação em causa, independentemente dos atributos sensoriais avaliados. Realizou-se primeiramente o teste de homogeneidade de variâncias, para concluir se

existia homogeneidade de variâncias entre as variedades para os diferentes atributos sensoriais.

Tabela 22 – Teste de Levene para testar homogeneidade de variâncias entre as variedades, para cada processo de cozedura/conservação.

Teste de Homogeneidade de Variâncias				
	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Após cozedura 12'	9,851	10	253	,000
Refrigeração após cozedura de 12'	5,231	10	253	,000
Congelação após cozedura de 12'	5,720	10	253	,000
Esterilização após cozedura de 5'	6,870	10	253	,000
Esterilização após cozedura de 12'	2,309	10	253	,013
Pasteurização após cozedura de 12'	1,284	10	253	,240
Pasteurização após cozedura de 5'	3,048	10	253	,001
Secagem	4,595	10	253	,000
Após cozedura adaptada	,903	10	253	,531
Refrigeração após cozedura adaptada	2,194	10	253	,019
Congelação após cozedura adaptada	2,860	10	253	,002

Não existe homogeneidade de variâncias entre os 11 grupos de variedades de arroz para as variáveis associadas ao processo de cozedura/conservação, exceto para a “Pasteurização após cozedura de 12 minutos” e para o “Após cozedura adaptada”.

Aplicou-se o teste ANOVA para se verificar se existiam ou não diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, a nível sensorial, relativamente aos processos de cozedura/conservação.

Pelo teste ANOVA conclui-se que existem diferenças sensoriais significativas entre as variedades de arroz, nos processos todos exceto na esterilização após cozedura de 12 minutos, na pasteurização após cozedura de 5 minutos e na

refrigeração e congelação, ambas após cozedura adaptada. Para averiguar qual ou quais as variedades de arroz onde se verificaram essas diferenças significativas, determinou-se o teste de comparações múltiplas de Games-Howell, adequado para quando existem dúvidas de igualdade de variâncias e o teste de Tukey HSD para quando existe homogeneidade de variâncias.

A Tabela 23 resume as diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV, provocadas pelos atributos sensoriais, para cada processo de cozedura ou de conservação.

Tabela 23 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV, de acordo com a análise sensorial efetuada e para cada um dos diferentes processos de cozedura e de conservação.

Processos de cozedura / conservação	Análise Sensorial
Após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades OP 1109, OP 1203 e OP 1001. A variedade OP 1212 apresenta diferenças quando comparada com as variedades OP 1109 e OP 1203, no entanto, o mesmo não sucede quando comparada com a OP 1001. As variedades OP 1109 e OP 1203 apresentam diferenças com significado estatístico do arroz Carolino Ariete, Thai jasmim e Basmati.
Após cozedura adaptada	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, exceto entre a OP 1203 e a OP 1001. A variedade OP 1203 apresenta homogeneidade com o arroz Agulha (Guiana), Agulha (europeu), Carolino e Carnaroli, sendo diferente do arroz Basmati, Thai jasmim e agulha vaporizado. As restantes variedades OP apresentam homogeneidade com todas as variedades comerciais.
Refrigeração após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades. OP 1109 e OP 1203 são estatisticamente diferentes do arroz Thai jasmim e do arroz Basmati.
Refrigeração após cozedura adaptada	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades. As únicas diferenças estatisticamente significativas presentes situam-se entre o arroz Basmati e a variedade OP 1203.

Congelação após cozedura de 12 minutos	A variedade OP 1109 é estatisticamente diferente de todas as variedades, quer comerciais quer do INIAV, exceto da variedade OP 1203 e do arroz agulha (europeu). As restantes variedades não possuem diferenças com significado estatístico entre si. OP 1203 possui homogeneidade com as diferentes variedades agulha (europeu, Guiana e vaporizado). OP 1001 e OP 1212 igualmente, no entanto, também possuem homogeneidade com as restantes variedades comerciais estudadas.
Congelação após cozedura adaptada	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre a totalidade das variedades, ou seja, quer comerciais quer desenvolvidas pelo INIAV.
Esterilização após cozedura de 5 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre a totalidade das variedades.
Esterilização após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre a totalidade das variedades.
Pasteurização após cozedura de 5 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre a totalidade das variedades.
Pasteurização após cozedura de 12 minutos	Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades do INIAV. OP 1109 é estatisticamente diferente do arroz Carolino, Agulha (europeu), Thai jasmim e Basmati. OP 1203 apresenta diferenças significativas quando comparado com o arroz Basmati. OP 1001 e OP 1212 não possuem diferenças com significado estatístico, qualquer que seja a variedade a comparar.
Secagem	Entre as variedades, existem diferenças estatísticas significativas entre OP 1109 e OP 1001. OP 1109 e OP 1203 são homogéneas do arroz agulha vaporizado, ao contrário de OP 1212 e OP 1001.

Referindo outras perceções sensoriais, o arroz carolino, cozido durante 12 minutos, fica com alguma goma e com excesso de água na panela, sem que os grãos fiquem colados uns aos outros ou à panela, uma vez que ainda se apresenta cru.

Quando cozido 15 minutos, os grãos também não ficam colados, apresentando-se cozidos, muito ligeiramente duros, e com alguma goma a envolve-los. Praticamente não sobra água.

Quanto ao arroz agulha, quando é cozido 12 minutos, fica com algum excesso de água, cru e sem grãos colados. No entanto, quando cozido 15 minutos, não sobra água e os grãos ficam cozidos, ligeiramente duros, apresentando alguma goma mas não colados.

4. Análise sensorial realizada na empresa Sense Test, Lda.

Uma vez que os provadores realizaram uma prova de QDA®, orientada para a textura aparente e para a textura na boca, de acordo com a ficha de avaliação sensorial adaptada, os dados foram analisados recorrendo a uma Análise Fatorial Múltipla que conjuga uma ACP sobre os dados agregados da descrição sensorial quantitativa, com uma variável suplementar correspondente à ordenação de preferência avaliada pelo próprio painel (Figura 52). Os dados foram agrupados através da Análise de Clusters Aglomerativa Hierárquica, tendo como base as dimensões da ACP resultante da análise do QDA®.

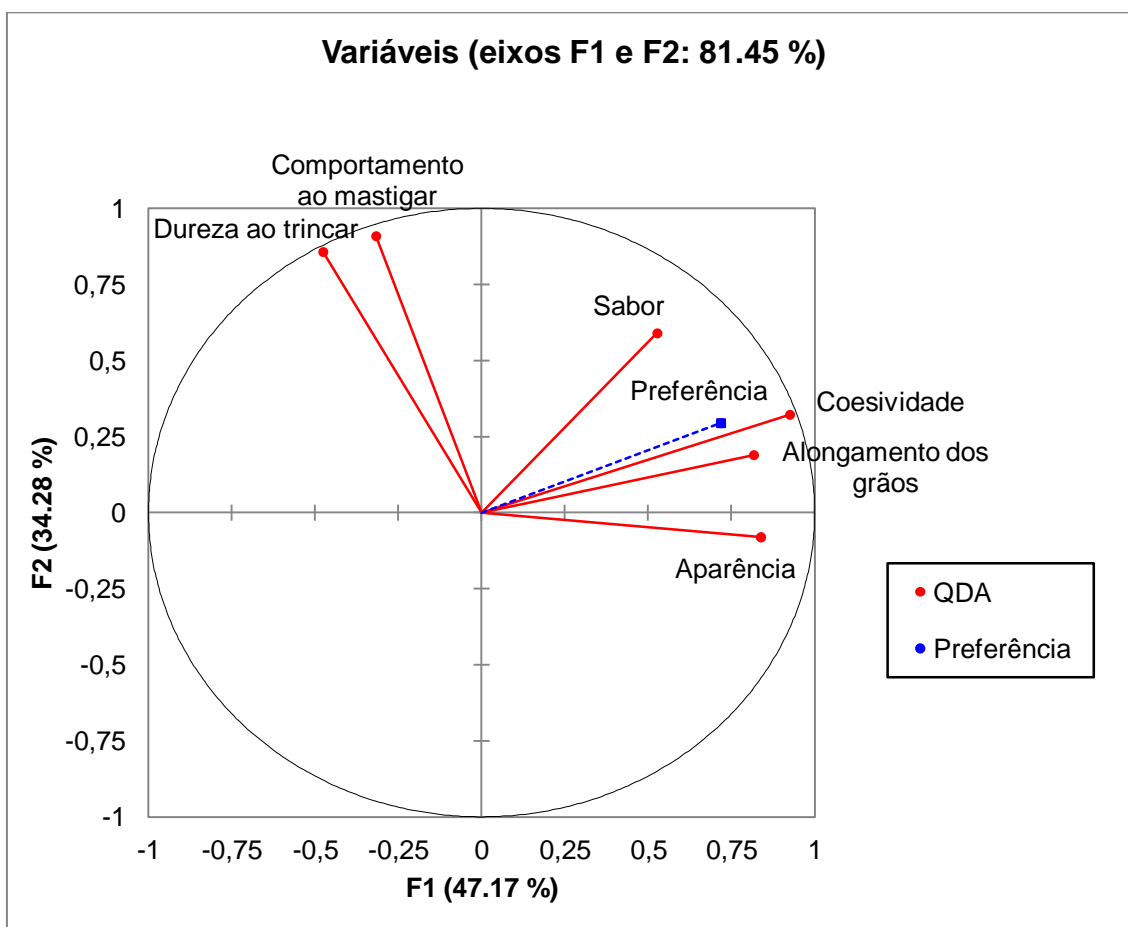


Figura 52- Análise Fatorial Múltipla relativa à prova de QDA e de Preferência.

Como se pode verificar, o fator 1 relaciona-se com a textura aparente, ou seja, a textura e apresentação visual, de que são exemplo os atributos “Aparência”, “Coesividade” e “Alongamento dos grãos”. O fator 2 relaciona-se com a textura na boca, ou seja, a textura sentida no paladar, através dos atributos “Dureza ao trincar” e “Comportamento ao mastigar”. É importante referir que o fator 1 contribui com um peso de 47,17% para a diferenciação das amostras e o fator 2 contribui com 34,28%. A junção dos dois fatores contribui com 81,45% para justificar a variabilidade dos resultados.

Pode verificar-se também que a coesividade está bastante correlacionada com a preferência, ou seja, o atributo “Coesividade” revelou-se importante para a decisão dos provadores relativamente à prova de preferência.

A Tabela 24 apresenta os resultados das estatísticas descritivas referentes à prova de QDA®.

Tabela 24 - Estatísticas descritivas relativas à avaliação sensorial do arroz (E – esterilizado; R – refrigerado).

	Aparência	Coesividade	Alongamento dos grãos	Dureza ao trincar	Comportamento ao mastigar	Sabor
Agulha Guiana_R	4,3 ($\pm 1,2$)	3,4 ($\pm 1,3$)	3,3 ($\pm 0,5$)	2,6 ($\pm 0,8$)	2,7 ($\pm 1,3$)	2,9 ($\pm 0,6$)
Agulha Vaporizado_R	3,7 ($\pm 0,9$)	4,2 ($\pm 0,8$)	3,0 ($\pm 0,8$)	3,9 ($\pm 0,9$)	4,1 ($\pm 0,9$)	3,2 ($\pm 0,6$)
Carolino_R	2,6 ($\pm 1,3$)	2,3 ($\pm 0,5$)	2,1 ($\pm 0,7$)	4,2 ($\pm 0,6$)	3,9 ($\pm 0,3$)	2,9 ($\pm 0,3$)
OP 1001_R	4,4 ($\pm 1,3$)	3,3 ($\pm 1,2$)	2,1 ($\pm 0,3$)	2,6 ($\pm 1,0$)	3,0 ($\pm 0,8$)	2,9 ($\pm 0,3$)
OP 1212_R	3,0 ($\pm 1,3$)	1,5 ($\pm 0,7$)	1,7 ($\pm 0,5$)	4,1 ($\pm 0,6$)	3,8 ($\pm 0,6$)	2,8 ($\pm 0,4$)
PRMinuto_R	4,0 ($\pm 0,0$)	4,2 ($\pm 1,1$)	2,6 ($\pm 0,7$)	2,7 ($\pm 0,5$)	2,6 ($\pm 0,7$)	4,0 ($\pm 0,0$)
Agulha Guiana_E	3,2 ($\pm 1,4$)	3,1 ($\pm 1,2$)	2,8 ($\pm 0,6$)	2,4 ($\pm 0,8$)	2,4 ($\pm 0,8$)	2,7 ($\pm 0,7$)
Agulha Vaporizado_E	3,9 ($\pm 0,3$)	3,9 ($\pm 1,4$)	2,8 ($\pm 0,9$)	2,2 ($\pm 0,6$)	1,9 ($\pm 0,6$)	2,9 ($\pm 0,3$)
Carolino_E	2,2 ($\pm 0,8$)	1,4 ($\pm 1,0$)	1,9 ($\pm 0,7$)	2,8 ($\pm 0,8$)	2,5 ($\pm 0,7$)	2,7 ($\pm 0,5$)
OP 1001_E	4,1 ($\pm 1,2$)	2,5 ($\pm 1,2$)	2,0 ($\pm 0,7$)	2,2 ($\pm 0,6$)	1,9 ($\pm 0,7$)	2,5 ($\pm 0,7$)
OP 1212_E	2,6 ($\pm 1,0$)	1,3 ($\pm 0,7$)	1,6 ($\pm 0,5$)	2,7 ($\pm 0,9$)	2,6 ($\pm 0,8$)	2,6 ($\pm 0,7$)
PRMinuto_E	3,4 ($\pm 1,0$)	3,9 ($\pm 0,9$)	2,4 ($\pm 0,8$)	3,2 ($\pm 0,6$)	3,2 ($\pm 0,6$)	3,8 ($\pm 0,4$)

Pela análise da Tabela 24 verifica-se que as amostras refrigeradas possuem, em média, valores de aparência superiores às amostras esterilizadas, à exceção do Agulha Vaporizado. Relativamente à coesividade, as variedades que apresentam valores mais favoráveis, em média, são o arroz PR Minuto e o arroz Agulha Vaporizado, quer refrigerado quer esterilizado. Quanto ao alongamento dos grãos, em média, as melhores variedades são o arroz Agulha Guiana e Agulha vaporizado refrigerados. As variedades mais suaves ao trincar e mastigar correspondem ao Agulha vaporizado, ao Carolino e ao OP 1212, todos eles refrigerados, no entanto, o arroz PR Minuto também apresenta valores satisfatórios para estes atributos. Em relação ao sabor, a amostra eleita como melhor, por possuir, em média, o valor mais alto de classificação do sabor, foi o arroz PR Minuto, em ambas as sessões. Depois desta, o arroz que possui melhor sabor é o arroz Agulha vaporizado refrigerado.

Analisando os resultados das estatísticas descritivas referentes à prova de ordenação de preferência, presentes na Tabela 25, pode verificar-se quais as amostras preferidas dos provadores, bem como, confirmar a forte correlação da coesividade com a preferência, uma vez que já se procedeu à análise da Tabela 24.

Tabela 25 - Estatísticas descritivas relativas à prova de ordenação por preferência (E – esterilizado; R – refrigerado).

Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Grupos homogêneos
PRMinuto_R	10	5,000	6,000	5,900	0,316	A
PRMinuto_E	10	5,000	6,000	5,900	0,316	A
Agulha Vaporizado_E	10	1,000	6,000	3,900	1,595	a,b
Agulha Guiana_R	10	1,000	6,000	3,800	1,814	a,b
Agulha Vaporizado_R	10	1,000	5,000	3,600	1,647	a,b
Agulha Guiana_E	10	1,000	5,000	3,600	1,647	a,b
Carolino_E	10	2,000	5,000	3,300	0,949	B
OP 1001_R	10	1,000	5,000	3,100	1,197	B
Carolino_R	10	2,000	4,000	2,900	0,738	B
OP 1001_E	10	1,000	4,000	2,500	0,972	B
OP 1212_E	10	1,000	4,000	1,800	1,135	B
OP 1212_R	10	1,000	3,000	1,700	0,823	B

Em média, o arroz preferido pelos provadores é o arroz PR Minuto, ou seja, a amostra de referência, submetida a um processo diferente das restantes amostras e comercializada pelo parceiro Ernesto Morgado, S.A.. Seguidamente, os arrozes com maior preferência por parte dos provadores são o arroz Agulha vaporizado esterilizado e o arroz Agulha Guiana refrigerado. O menos preferido é o arroz OP 1212.

Mais uma vez pode afirmar-se que a coesividade está muito correlacionada com a preferência, uma vez que, em média, às variedades mais preferidas correspondem os valores de coesividade maiores. Portanto, para os provadores, o facto do arroz se encontrar bem separado e não empapado é muito importante e tem um grande peso na decisão da escolha de preferência.

Através da análise à Figura 53 é possível uma melhor compreensão da posição de cada amostra estudada relativamente a cada fator, ou seja, relativamente à textura aparente (F1) e à textura na boca (F2).

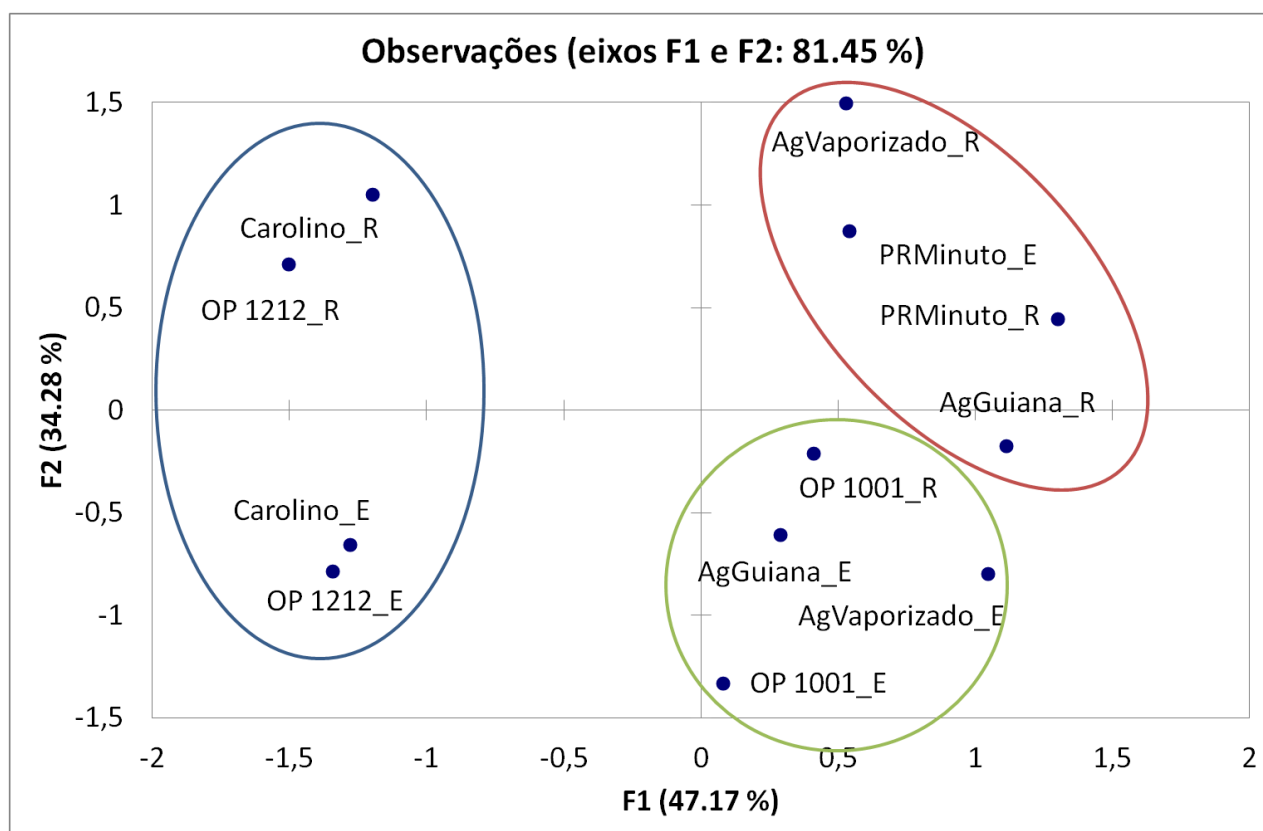


Figura 53 - Análise Fatorial Múltipla - gráfico representativo das duas dimensões.

Verifica-se que o painel não discrimina significativamente os processos entre as amostras menos preferidas, bem como, entre o arroz Carolino refrigerado e esterilizado. Como já foi verificado anteriormente, para o painel, para além do arroz PR Minuto, as melhores amostras foram o arroz Agulha Vaporizado e o arroz Agulha Guiana refrigerados.

V. Conclusões

Existem imensas variedades de arroz diferentes, as quais possuem teores de amilose e de amilopectina diferentes, originando consequentemente, propriedades do arroz cozido distintas. O tamanho dos grãos de arroz, o odor, o comportamento durante a cozedura e processamento industrial, entre outros fatores, também constituem diferenças entre as diversas variedades. Para além das propriedades físico-químicas, as propriedades sensoriais características do arroz cozido dependem da preferência e gosto individual, bem como, dos métodos de cozedura e conservação.

O trabalho envolveu a aquisição de um grande número de dados relativos a diversas variedades de arroz, formas diferentes de as processar e muitos parâmetros de análise aplicados às amostras. No total, foram 11 variedades, 11 processos de cozedura/conservação e 36 parâmetros, o que multiplicado por três réplicas cada totaliza 13068 pontos. Consequentemente foi muito importante ter bem presente os objetivos do trabalho e quais as principais conclusões que se pretendia obter, de modo a processar os dados da forma mais apropriada.

A razão de ser do trabalho é o desenvolvimento de novas variedades de arroz nacional pelo INIAV, baseadas na continuidade de um trabalho profundo sobre os génotipos portugueses e seus melhoramentos. Pretendia-se saber como se comportam as variedades referidas, se são todas iguais ou se existem diferenças significativas entre si e, no caso de apresentarem comportamentos diferentes, quais as melhores variedades para diferentes finalidades.

O contexto específico do trabalho consistiu no comportamento do ponto de vista do processamento industrial do arroz na indústria alimentar, como ingrediente de refeições, portanto incluiu a cozedura de igual interesse para o consumidor e, seguidamente, os processos de conservação. Neste contexto, a qualidade do ponto de vista sensorial é um aspeto mais crítico. Não existe contudo um critério único: a culinária varia muito, sendo algumas variedades de arroz mais apropriadas para certos fins e outras para outros. Consequentemente, não há uma escala melhor-pior onde colocar as novas variedades.

Deste modo criou-se um espaço multidimensional para comparar as novas variedades com as existentes, de modo a definir semelhanças e diferenças. Os

indicadores de qualidade mais representativos que formaram o espaço multidimensional, quer pela sua capacidade de distinguir diferenças entre variedades e processos de conservação, quer pela ortogonalidade entre si, foram os parâmetros de absorção de água WBI e WAI e os parâmetros de textura Dureza, Elasticidade e Aderência. Quanto aos parâmetros sensoriais foram selecionados a coesividade, dureza ao trincar, comportamento ao mastigar, alongamento dos grãos e apreciação global, pela sua capacidade de distinguir diferenças entre as variedades. No entanto, dando continuação ao estudo e a uma análise mais aprofundada dos resultados, no âmbito do Projeto Best-Rice-4-Life, pretende-se verificar quais dos parâmetros referidos possuem maior ortogonalidade entre si e menor variabilidade entre réplicas. Deste modo, poder-se-á realizar uma análise mais conclusiva e mais interessante relativamente à análise sensorial, verificando quais os parâmetros sensoriais que realmente melhor diferenciam as variedades de arroz e os processos de cozedura/conservação estudados.

Tendo em conta os parâmetros selecionados como indicadores de qualidade e diferenciação entre variedades, podem tirar-se diversas conclusões.

Em relação ao teste WBI, a variedade com maior absorção é o arroz Agulha vaporizado, ao contrário do Agulha Europeu. Este agrupa-se com algumas variedades, nomeadamente com o arroz OP 1001. As restantes variedades do INIAV possuem valores de WBI próximos, sem que nenhuma se assemelhe muito a determinada variedade. No entanto, não são estatisticamente diferentes do arroz Agulha Guiana.

Relativamente ao WAI, o Agulha Europeu possui valores de absorção muito semelhantes aos valores da variedade OP 1001. Estes possuem maior WAI do que as restantes variedades do INIAV e do que o arroz Carnaroli. O arroz OP 1109, OP 1203 e OP 1212 possui valores de WAI muito semelhantes aos do Carnaroli. A variedade OP 1001 destaca-se por ser diferente das restantes variedades OP, uma vez que absorve mais água em cozido e menos em frio, quando comparados com estas.

Verificando a absorção da água na cozedura, ou seja, os valores de WCAI, a variedade OP 1001 agrupa-se com o Agulha Europeu e ao Thai jasmim, enquanto as restantes variedades do INIAV se agrupam com o arroz Carolino, Carnaroli e Agulha vaporizado. De facto, o arroz OP 1001 exhibe um comportamento de um híbrido.

Ainda no âmbito da absorção de água e como introdução às conclusões relativas à textura, o arroz do tipo *Japonica* é mais indicado para a obtenção de arroz

do tipo culinário “malandro”, pois proporciona uma maior absorção dos sabores em comparação com o arroz *Indica*. Este último adquire uma maior dureza durante a cozedura e após a mesma, permanece separado e solto, por isso é mais apropriado para receitas em que se pretenda obter um arroz com estas características.

Analisando os parâmetros texturais selecionados e realçando os resultados após o processo de cozedura adaptada, as variedades OP 1109, OP 1203, OP 1212 e Carolino foram as variedades mais aderentes. Pelo contrário, o arroz Agulha Europeu e o OP 1001 constituíram variedades com menores valores de aderência. O mesmo sucedeu, por exemplo, para a secagem.

Em termos de elasticidade, após a cozedura ajustada, à exceção do arroz OP 1001, as variedades do INIAV apresentaram baixa elasticidade. Mais uma vez, para este parâmetro, foram encontradas diversas associações entre a variedade OP 1001 e o Agulha Europeu.

No que toca à dureza, após cozedura adaptada, as variedades OP 1109 e OP 1203 foram as que apresentaram valores maiores de dureza, ao contrário da variedade OP 1001 e das variedades aromáticas. O mesmo sucedeu para a secagem, sendo que foi notória a boa correlação existente entre a cozedura adaptada e a secagem.

Pode-se concluir que os parâmetros de textura correspondentes às variedades OP 1109, OP 1203 e OP 1212, após uma cozedura adaptada, são diferentes dos das restantes variedades. Assim, de entre as variedades novas, a única que se destaca é a OP 1001, sendo muito parecida, em diversas fases da análise, com o Agulha Europeu. Em geral, as restantes variedades novas não apresentaram comportamentos semelhantes a nenhuma das variedades comerciais, tendo sido apenas notadas por vezes, algumas semelhanças entre estas e as variedades da subespécie *Japonica*.

O arroz Agulha Europeu apresentou, por diversas vezes, maiores semelhanças com o arroz Carolino do que com o *Indica* puro (Guiana), o que se explica por ser de facto um híbrido *Indica/Japonica*.

De igual forma, verificou-se a semelhança da variedade OP 1001 com o Agulha Europeu, para os todos parâmetros sensoriais selecionados como diferenciadores das variedades.

Generalizando, as variedades novas desenvolvidas pelo INIAV, à exceção da OP 1001, no que corresponde a parâmetros sensoriais, assemelham-se entre si e com

o arroz Carolino e o arroz Carnaroli. Existe uma diferença distinta entre OP 1001 e as outras variedades OP. Essa diferença pode ser notada, por exemplo, na coesividade. A OP 1001 exhibe a coesão de arroz *Indica*, bem como, *Japonica* duros (Carnaroli), enquanto as três restantes são menos coesas e mais parecidas com o *Japonica* (Ariete).

Em suma, a variedade OP 1001 é uma variedade muito promissora, a partir da qual se pode esperar uma qualidade semelhante à do híbrido Agulha Europeu, enquanto as outras três, OP 1109, OP 1203 e OP 1212, foram demasiado diferentes de qualquer outra comercial, não parecendo portanto trazer grandes vantagens.

VI. Referências bibliográficas

- Aguado, M. A. (2001). El entorno y las muestras en el análisis sensoria. Análisis sensorial de alimentos. Métodos e aplicaciones, Springer: 62-70.
- Ahn, J. C., D. W. Kim, et al. (2010). "Classification of rice (oryza sativa l. japonica nipponbare) immunophilins (fkbps, cyps) and expression patterns under water stress." *Bmc Plant Biology* 10.
- Allahgholipour, M., A. J. Ali, et al. (2006). "Relationship between rice grain amylose and pasting properties for breeding better quality rice varieties." *Plant Breeding* 125(4): 357-362.
- Almeida, A. S. (2012). Validação do Processo de Esterilização de Refeições Prontas a Comer Enlatadas. Mestre, Instituto Politécnico de Leiria.
- Amarawathi, Y., R. Singh, et al. (2008). "Mapping of quantitative trait loci for basmati quality traits in rice (Oryza sativa L.)." *Molecular Breeding* 21(1): 49-65.
- Araujo, W. M. C., N. Di Pilla Montebello, et al. (2008). *Alquimia Dos Alimentos*, Senac.
- Ariyaphanphitak, W., A. Chidthaisong, et al. (2005). "Effects of elevated ozone concentrations on Thai Jasmine rice cultivars (Oryza sativa L.)." *Water Air and Soil Pollution* 167(1-4): 179-200.
- Arocas, A., T. Sanz, et al. (2010). "Sensory Properties Determined by Starch Type in White Sauces: Effects of Freeze/Thaw and Hydrocolloid Addition." *Journal of Food Science* 75(2): S132-S140.
- Asano, K., T. Takashi, et al. (2007). "Genetic and molecular analysis of utility of sd1 alleles in rice breeding." *Breed Sci* 57(1): 53-58.
- Asare, E. K., S. Sefa-Dedeh, et al. (2012). "Extrusion cooking of rice-groundnut-cowpea mixtures - effects of extruder characteristics on nutritive value and physico-functional properties of extrudates using response surface methodology." *Journal of Food Processing and Preservation* 36(5): 465-476.
- Banga, J. R., A. A. Alonso, et al. (1994). "Optimal-Control of Heat and Mass-Transfer in Food and Bioproducts Processing." *Computers & Chemical Engineering* 18: S699-S705.
- Bao, J. S., M. Sun, et al. (2002). "Analysis of the genetic behavior of some starch properties in indica rice (Oryza sativa L.): thermal properties, gel texture, swelling volume." *Theoretical and Applied Genetics* 104(2-3): 408-413.
- Bao, J. S., M. Sun, et al. (2004). "Analysis of quantitative trait loci for some starch properties of rice (Oryza sativa L.): thermal properties, gel texture and swelling volume." *Journal of Cereal Science* 39(3): 379-385.
- Barham, P. (2001). *The Science of Cooking*. New York, Springer.
- Bashir, K., N. M. Khan, et al. (2007). "Indica rice varietal development in Pakistan: an overview." *Paddy and Water Environment* 5(2): 73-81.
- Bejarano, S. M. (2001). *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos*, Martín & Macías.

- Bello, M., R. Baeza, et al. (2006). "Quality characteristics of milled and cooked rice affected by hydrothermal treatment." *Journal of Food Engineering* 72(2): 124-133.
- Bello, M., M. P. Tolaba, et al. (2004). "Factors affecting water uptake of rice grain during soaking." *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology* 37(8): 811-816.
- Bello, M. O., M. P. Tolaba, et al. (2007). "Water absorption and starch gelatinization in whole rice grain during soaking." *Lwt-Food Science and Technology* 40(2): 313-318.
- BERNAS, P. N. B. (s.a.). "Rice Anatomy." from http://www.bernas.com.my/index.php?option=com_content&view=article&id=90&Itemid=103.
- Bett-Garber, K. L., J. M. Lea, et al. (2012). "Whole-Grain Rice Flavor Associated with Assorted Bran Colors." *Journal of Sensory Studies* 27(2): 78-86.
- Bhattacharjee, P., R. S. Singhal, et al. (2002). "Basmati rice: a review." *International Journal of Food Science and Technology* 37(1): 1-12.
- Bhonsle, S. J. and S. Krishnan (2010). "Grain Quality Evaluation and Organoleptic Analysis of Aromatic Rice Varieties of Goa, India." *Journal of Agricultural Science* 2: 106.
- Billiris, M. A., T. J. Siebenmorgen, et al. (2012). "Rice degree of milling effects on hydration, texture, sensory and energy characteristics. Part 2. Cooking using fixed, water-to-rice ratios." *Journal of Food Engineering* 113(4): 589-597.
- Bishnoi, U., R. K. Jain, et al. (2000). "Anther culture of recalcitrant indica x Basmati rice hybrids - Anther culture of indica rice hybrids." *Euphytica* 114(2): 93-101.
- Bolini, H. M. A., D. W. Franco, et al. (2004). "Changes in the volatile composition in Brazilian sugar cane spirit during ageing in oak (*Quercus* spp) casks." *Alimentaria* 357: 105-116.
- Boluda-Aguilar, M., A. Taboada-Rodriguez, et al. (2013). "Quick cooking rice by high hydrostatic pressure processing." *Lwt-Food Science and Technology* 51(1): 196-204.
- Botelho, F. M., P. C. Correa, et al. (2010). "Water absorption kinetics in parboiled husk rice." *Ciencia E Tecnologia De Alimentos* 30(3): 713-718.
- Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. New York, Academic Press.
- Briffaz, A., C. Mestres, et al. (2013). "Modelling starch phase transitions and water uptake of rice kernels during cooking." *Journal of Cereal Science* 58(3): 387-392.
- Brites, C. M., M. Guerreiro, et al. (2004). *Arroz Carolino: uma jóia da nossa gastronomia*. Salvaterra de Magos.
- Buggenhout, J., K. Brijs, et al. (2013). "The breakage susceptibility of raw and parboiled rice: A review." *Journal of Food Engineering* 117(3): 304-315.

- Butz, P. and B. Tauscher (2002). "Emerging technologies: chemical aspects." *Food Research International* 35(2-3): 279-284.
- Cai, X. X., J. Fan, et al. (2013). "The Puzzle of Italian Rice Origin and Evolution: Determining Genetic Divergence and Affinity of Rice Germplasm from Italy and Asia." *Plos One* 8(11).
- Cardello, A. V. and R. A. Segars (1989). "Effects of sample size and prior mastication on texture judgments." *Journal of Sensory Studies* 4: 1-18.
- Carvalho, A. V., P. Z. Bassinello, et al. (2013). "Physicochemical, technological and sensory characteristics of a rice (*Oryza sativa* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) soup prepared by extrusion." *International Journal of Food Science and Technology* 48(10): 2057-2063.
- Chakraverty, A., A. S. Mujumdar, et al. (2003). *Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*, Taylor & Francis.
- Champagne, E. T., K. L. Bett-Garber, et al. (2010). "Important Sensory Properties Differentiating Premium Rice Varieties." *Rice* 3(4): 270-281.
- Chandi, G. K. and D. S. Sogi (2008). "Characterization of Traditional (Basmati 370) and Developed (Pusa Basmati 1) Basmati Rice." *International Journal of Food Properties* 11(4): 910-918.
- Chandrashekar, J., M. A. Hoon, et al. (2006). "The receptors and cells for mammalian taste." *Nature* 444(7117): 288-294.
- Charoenrein, S. and N. Preechathamwong (2010). "Undercooling associated with slow freezing and its influence on the microstructure and properties of rice starch gels." *Journal of Food Engineering* 100(2): 310-314.
- Chen, J. G. and J. Zhu (1999). "Genetic effects and genotype x environment interactions for cooking quality traits in Indica-japonica crosses of rice (*Oryza sativa* L.)." *Euphytica* 109(1): 9-15.
- Chirife, J. and M. P. Buera (1995). "A Critical-Review of Some Nonequilibrium Situations and Glass Transitions on Water Activity Values of Foods in the Microbiological-Growth Range." *Journal of Food Engineering* 25(4): 531-552.
- Cirillo, A., S. Del Gaudio, et al. (2009). "Molecular characterization of Italian rice cultivars." *European Food Research and Technology* 228(6): 875-881.
- Civille, G. V. and A. S. Szczesniak (1973). "Guidelines to training a texture profile panel." *Journal of Texture Studies* 4: 204-223.
- Correia, L. F. M., A. S. Faraoni, et al. (2008). "Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas." 19: 83-95.
- Cruz, C. A. (2013). *Estudo da secagem da maçã. Desenvolvimento de novos produtos. Mestrado, Universidade de Aveiro.*
- Cunningham, S. E., W. A. M. McMinn, et al. (2007). "Modelling water absorption of pasta during soaking." *Journal of Food Engineering* 82(4): 600-607.
- Dairou, V. and J. M. Sieffermann (2002). "A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the flash profile." *Journal of Food Science* 67(2): 826-834.

- Das, T., R. Subramanian, et al. (2006). "Energy conservation in domestic rice cooking." *Journal of Food Engineering* 75(2): 156-166.
- Dehlholm, C., P. B. Brockhoff, et al. (2012). "Rapid descriptive sensory methods - Comparison of Free Multiple Sorting, Partial Napping, Napping, Flash Profiling and conventional profiling." *Food Quality and Preference* 26(2): 267-277.
- Delarue, J. and J. M. Sieffermann (2004). "Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products." *Food Quality and Preference* 15(4): 383-392.
- Denardin, C. C. and L. P. da Silva (2009). "Starch granules structure and its regards with physicochemical properties." *Ciencia Rural* 39(3): 945-954.
- Duizer, L. M., E. A. Gullett, et al. (1996). "The relationship between sensory time-intensity, physiological electromyography and instrumental texture profile analysis measurements of beef tenderness." *Meat Science* 42(2): 215-224.
- Elez-Martinez, P. and O. Martin-Belloso (2007). "Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup." *Food Chemistry* 102(1): 201-209.
- Erlich, R. (2004). "Cultural and historical trends and influences of food, nutrition and cuisine on health and development." *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 13(2): 125-130.
- Ernesto Morgado, S. A. (2013). "Arroz Pato Real." 2014, from http://www.emorgado.pt/Em_2013_PT_.pdf.
- Evans, J., S. Russell, et al. (1996). "Chilling of recipe dish meals to meet cook-chill guidelines." *International Journal of Refrigeration-Revue Internationale Du Froid* 19(2): 79-86.
- Faivre-Rampant, O., G. Bruschi, et al. (2011). "Assessment of genetic diversity in Italian rice germplasm related to agronomic traits and blast resistance (*Magnaporthe oryzae*)." *Molecular Breeding* 27(2): 233-246.
- FDA, F. a. D. A. (2011). *Pathogenic Bacteria Survival Through Cooking or Pasteurization. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance*. U.S. Department of Health and Human Services: 315-330.
- Frei, M., P. Siddhuraju, et al. (2003). "Studies on the in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines." *Food Chemistry* 83(3): 395-402.
- Gao, L. Z. and H. Innan (2008). "Nonindependent domestication of the two rice subspecies, *Oryza sativa* ssp *indica* and ssp *japonica*, demonstrated by multilocus microsatellites." *Genetics* 179(2): 965-976.
- Ge, X. J., Y. Z. Xing, et al. (2005). "QTL analysis of cooked rice grain elongation, volume expansion, and water absorption using a recombinant inbred population." *Plant Breeding* 124(2): 121-126.
- Ghani, A. G. A., M. M. Farid, et al. (2001). "Thermal sterilization of canned food in a 3-D pouch using computational fluid dynamics." *Journal of Food Engineering* 48(2): 147-156.

- Goddard, M. S., G. Young, et al. (1984). "The Effect of Amylose Content on Insulin and Glucose Responses to Ingested Rice." *American Journal of Clinical Nutrition* 39(3): 388-392.
- Gonzalez, R. J., A. Livore, et al. (2004). "Physico-chemical and cooking characteristics of some rice varieties." *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47(1): 71-76.
- Guiderdoni, E., E. Galinato, et al. (1992). "Anther Culture of Tropical Japonica X Indica Hybrids of Rice (*Oryza-Sativa* L)." *Euphytica* 62(3): 219-224.
- Hagenimana, A., X. L. Ding, et al. (2006). "Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking." *Journal of Cereal Science* 43(1): 38-46.
- Hallman, G. V. and R. G. Stevens (1932). "Sterilizing canned foods - Principles involved in determining proper sterilizing times and temperatures." *Industrial and Engineering Chemistry* 24: 659-661.
- Halpern, B. P. (2008). "Mechanisms and consequences of retronasal smelling: Computational fluid dynamic observations and psychophysical measures." *ChemoSense* 10: 1-8.
- Han, X. Z. and B. R. Hamaker (2001). "Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown." *Journal of Cereal Science* 34(3): 279-284.
- Huang, M., J. F. Kennedy, et al. (2007). "Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study." *Carbohydrate Polymers* 69(3): 411-418.
- Hung, T. V., L. H. Liu, et al. (1993). "Water-Absorption in Chickpea (*C-Arietinum*) and Field Pea (*P-Sativum*) Cultivars Using the Peleg Model." *Journal of Food Science* 58(4): 848-852.
- Hunter, E. A. and J. A. McEwan (1998). "Evaluation of an international ring trial for sensory profiling of hard cheese." *Food Quality and Preference* 9(5): 343-354.
- IGP (2011). *Caderno de especificações Arroz Carolino do Baixo Mondego*, agricabazc: 45.
- Johns, M. A. and L. Mao (2007). "Differentiation of the two rice subspecies indica and japonica: a Gene Ontology perspective." *Functional & Integrative Genomics* 7(2): 135-151.
- Kasai, M., A. R. Lewis, et al. (2007). "Quantitative NMR imaging study of the cooking of Japonica and Indica rice." *Food Research International* 40(8): 1020-1029.
- Kemp, S. E. and I. P. Comm (2008). "Application of sensory evaluation in food research." *International Journal of Food Science and Technology* 43(9): 1507-1511.
- Khatoon, N. and J. Prakash (2007). "Physico-chemical characteristics, cooking quality and sensory attributes of microwave cooked rice varieties." *Food Science and Technology Research* 13(1): 35-40.
- Lamberts, L., E. De Bie, et al. (2007). "Effect of milling on colour and nutritional properties of rice." *Food Chemistry* 100(4): 1496-1503.

- Lanceras, J. C., Z. L. Huang, et al. (2000). "Mapping of genes for cooking and eating qualities in Thai jasmine rice (KDML105)." *DNA Research* 7(2): 93-101.
- Landívar, E. G. (2001). *Bases psicofisiológicas del análisis sensorial: El gusto y el olfato. Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*, Springer.
- Lavin, J. G. and H. T. Lawless (1998). "Effects of color and odor on judgments of sweetness among children and adults." *Food Quality and Preference* 9(4): 283-289.
- Lawless, H. T. and M. R. Claassen (1993). "Application of the Central Dogma in Sensory Evaluation." *Food Technology* 47(6): 139-146.
- Lawless, H. T. and H. Heymann (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*, Springer.
- Li, Z. Y., N. M. Upadhyaya, et al. (1997). "Comparison of promoters and selectable marker genes for use in Indica rice transformation." *Molecular Breeding* 3(1): 1-14.
- Lidon, F. and M. M. Silvestre (2008). *Conservação de Alimentos*. Lisboa.
- Lin, J. R., C. H. Shi, et al. (2005). "Analysis of genetic effects for cooking quality traits of japonica rice across environments." *Plant Science* 168(6): 1501-1506.
- Liu, L., D. L. E. Waters, et al. (2013). "Phospholipids in rice: Significance in grain quality and health benefits: A review." *Food Chemistry* 139(1-4): 1133-1145.
- Liu, P., X. X. Cai, et al. (2012). "Single-seeded InDel fingerprints in rice: An effective tool for indica-japonica rice classification and evolutionary studies." *Journal of Systematics and Evolution* 50(1): 1-11.
- Lu, B. R., X. X. Cai, et al. (2009). "Efficient indica and japonica rice identification based on the InDel molecular method: Its implication in rice breeding and evolutionary research." *Progress in Natural Science* 19(10): 1241-1252.
- Lu, S., T. T. Cik, et al. (2013). "Effect of amylose content on structure, texture and α -amylase reactivity of cooked rice." *LWT - Food Science and Technology* 54(1): 224-228.
- Ma, Y. and D. W. Sun (2009). "Hardness of Cooked Rice as Affected by Varieties, Cooling Methods and Chill Storage." *Journal of Food Process Engineering* 32(2): 161-176.
- Matsuda, T. (2000). "Sterilization and preservation of foods by nonthermal processes." *Journal of the Food Hygienic Society of Japan* 41(3): 163-170.
- Medcalf, D. G. and K. A. Gilles (1965). "Wheat Starches .I. Comparison of Physicochemical Properties." *Cereal Chemistry* 42(6): 558-&.
- Mestres, C., F. Ribeyre, et al. (2011). "Sensory texture of cooked rice is rather linked to chemical than to physical characteristics of raw grain." *Journal of Cereal Science* 53(1): 81-89.
- Meullenet, J. F. C., C. Sitakalin, et al. (1999). "Prediction of rice texture by Spectral Stress Strain Analysis: A novel technique for treating instrumental extrusion data used for predicting sensory texture profiles." *Journal of Texture Studies* 30(4): 435-450.

- Miller, J. B., E. Pang, et al. (1992). "Rice - a High or Low Glycemic Index Food." *American Journal of Clinical Nutrition* 56(6): 1034-1036.
- Ministério Agricultura, D. R. e. P. (2000). Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de Abril. Portugal, Diário da República. 93 SÉRIE I-A: 1689-1691.
- Mohan, B. H., N. G. Malleshi, et al. (2010). "Physico-chemical characteristics and non-starch polysaccharide contents of Indica and Japonica brown rice and their malts." *Lwt-Food Science and Technology* 43(5): 784-791.
- Mohapatra, D. and S. Bal (2012). "Physical Properties of Indica Rice in Relation to Some Novel Mechanical Properties Indicating Grain Characteristics." *Food and Bioprocess Technology* 5(6): 2111-2119.
- Moreira, C. P. M. (2011). Desenvolvimento de metodologias analíticas para queijos - Estudo de Caso: Queijos da Beira Interior. Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa.
- Moskowitz, H. and J. Hartmann (2008). "Consumer research: creating a solid base for innovative strategies." *Trends in Food Science & Technology* 19(11): 581-589.
- Nakayama, S. (2005). "Molecular cytological diversity in cultivated rice *Oryza sativa* subspecies japonica and indica." *Breed Sci* 55(4): 425-430.
- Nestrud, M. A. and H. T. Lawless (2010). "Perceptual Mapping of Apples and Cheeses Using Projective Mapping and Sorting." *Journal of Sensory Studies* 25(3): 390-405.
- Nicod, H., J. F. Clément, et al. (1998). L'organisation pratique de la mesure sensorielle. Évaluation Sensorielle. Manuel méthodologique, Lavoisier: 45-91.
- Noronha, J. F. (1999). "Notas sobre Processamento Térmico de Alimentos." from <http://www.esac.pt/noronha/pga/0708/aponta/ProcTermic1.htm>.
- Noronha, J. F. (2003). Análise Sensorial - Metodologia. Apontamentos de Análise Sensorial. Escola Superior Agrária de Coimbra.
- Noronha, J. F. (2007). "Textura." 2014, from http://www.esac.pt/noronha/A.S/07_08/textura.pdf.
- Novarroz. (2013). "A produção de arroz em Portugal." 2013, from <http://novarroz.pt/mundo-do-arroz/historia-do-arroz/a-producao-de-arroz-em-portugal/>.
- Oikonomou, N. A. and M. K. Krokida (2012). "Water Absorption Index and Water Solubility Index Prediction for Extruded Food Products." *International Journal of Food Properties* 15(1-2): 157-168.
- Ong, M. H. and J. M. V. Blanshard (1995). "Texture Determinants in Cooked, Parboiled Rice .1. Rice Starch Amylose and the Fine-Structure of Amylopectin." *Journal of Cereal Science* 21(3): 251-260.
- Ong, M. H. and J. M. V. Blanshard (1995). "Texture Determinants of Cooked, Parboiled Rice .2. Physicochemical Properties and Leaching Behavior of Rice." *Journal of Cereal Science* 21(3): 261-269.

- Park, C. E., Y. S. Kim, et al. (2012). "Changes in, physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures." *Journal of Stored Products Research* 48: 25-29.
- Parker, R. and S. G. Ring (2001). "Aspects of the physical chemistry of starch." *Journal of Cereal Science* 34(1): 1-17.
- Patindol, J. A., B. C. Gonzalez, et al. (2007). "Starch fine structure and physicochemical properties of specialty rice for canning." *Journal of Cereal Science* 45(2): 209-218.
- Perdon, A. A., T. J. Siebenmorgen, et al. (1999). "Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage." *Journal of Food Science* 64(5): 828-832.
- Phanchaisri, B., R. Chandet, et al. (2007). "Low-energy ion beam-induced mutation in Thai jasmine rice - (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105)." *Surface & Coatings Technology* 201(19-20): 8024-8028.
- Portugal, C. (2009). "Ernesto Morgado, SA ", 2013, from http://cotec.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=823&Itemid=404.
- Prasert, W. and P. Suwannaporn (2009). "Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties." *Journal of Food Engineering* 95(1): 54-61.
- Qi, Y. W., H. L. Zhang, et al. (2009). "Assessing indica-japonica differentiation of improved rice varieties using microsatellite markers." *Journal of Genetics and Genomics* 36(5): 305-312.
- Ramesh, M., S. Z. Ali, et al. (1999). "Structure of rice starch and its relation to cooked-rice texture." *Carbohydrate Polymers* 38(4): 337-347.
- Ramesh, M. N. (2000). "Quality evaluation of quick cooking basmati rice." *Journal of Food Quality* 23(2): 225-231.
- Ratti, C. (2001). "Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review." *Journal of Food Engineering* 49(4): 311-319.
- Reed, M. O., Y. F. Ai, et al. (2013). "Effects of Cooking Methods and Starch Structures on Starch Hydrolysis Rates of Rice." *Journal of Food Science* 78(7): H1076-H1081.
- Rewthong, O., S. Soponronnarit, et al. (2011). "Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice." *Journal of Food Engineering* 103(3): 258-264.
- Rocha, C., A. Laranjeira, et al. (2014). "Sensory profiling of duck rice using conventional and rapid methods."
- Rodriguez-Fernandez, M., E. Balsa-Canto, et al. (2007). "Identifiability and robust parameter estimation in food process modeling: Application to a drying model." *Journal of Food Engineering* 83(3): 374-383.
- Roy, P., T. Ijiri, et al. (2008). "Effect of processing conditions on overall energy consumption and quality of rice (*Oryza sativa* L.)." *Journal of Food Engineering* 89(3): 343-348.

- Sablani, S. S., S. Kasapis, et al. (2007). "Isobaric and isothermal kinetics of gelatinization of waxy maize starch." *Journal of Food Engineering* 82(4): 443-449.
- Shirani, G. and R. Ganesharanee (2009). "Extruded products with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecium*) chickpea and rice: Physical properties, sensory acceptability and glycaemic index." *Journal of Food Engineering* 90(1): 44-52.
- Singh, R. P. and D. R. Heldman (2001). *Introduction to Food Engineering*, Academic Press.
- Sirisoontaralak, P. and A. Noomhorm (2006). "Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice." *Journal of Stored Products Research* 42(3): 264-276.
- Sopade, P. A. and J. A. Obekpa (1990). "Modeling Water-Absorption in Soybean, Cowpea and Peanuts at 3 Temperatures Using Peleg Equation." *Journal of Food Science* 55(4): 1084-1087.
- Sousa, J. C. and W. C. Ferreira (1998). *Microbiologia*.
- Srisawas, W. and V. K. Jindal (2007). "Sensory evaluation of cooked rice in relation to water-to-rice ratio and physicochemical properties." *Journal of Texture Studies* 38(1): 21-41.
- Sthapit, B., R. Rana, et al. (2008). "The value of plant genetic diversity to resource-poor farmers in Nepal and Vietnam." *International Journal of Agricultural Sustainability* 6(2): 148-166.
- Stone, H. and J. Sidel (2004). *Sensory Evaluation Practices*. USA, Elsevier Academic Press.
- Sujatha, S. J., R. Ahmad, et al. (2004). "Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India." *Food Chemistry* 86(2): 211-216.
- Takemoto-Kuno, Y., K. Suzuki, et al. (2006). "Soluble starch synthase I effects differences in amylopectin structure between indica and japonica rice varieties." *J Agric Food Chem* 54(24): 9234-9240.
- Tran, T. U., K. Suzuki, et al. (2005). "Detection of changes in taste of japonica and indica brown and milled rice (*Oryza sativa* L.) during storage using physicochemical analyses and a taste sensing system." *J Agric Food Chem* 53(4): 1108-1118.
- Turhan, M., S. Sayar, et al. (2002). "Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking." *Journal of Food Engineering* 53(2): 153-159.
- van der Maarel, M. J. E. C., B. van der Veen, et al. (2002). "Properties and applications of starch-converting enzymes of the alpha-amylase family." *Journal of Biotechnology* 94(2): 137-155.
- Vandeputte, G. E., R. Vermeylen, et al. (2003). "Rice starches. I. Structural aspects provide insight into crystallinity characteristics and gelatinisation behaviour of granular starch." *Journal of Cereal Science* 38(1): 43-52.

- Vaughan, D. A., B. R. Lu, et al. (2008). "The evolving story of rice evolution." *Plant Science* 174(4): 394-408.
- Wani, A. A., P. Singh, et al. (2012). "Rice Starch Diversity: Effects on Structural, Morphological, Thermal, and Physicochemical Properties-A Review." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11(5): 417-436.
- Yadav, B. K. and V. K. Jindal (2007). "Water uptake and solid loss during cooking of milled rice (*Oryza sativa* L.) in relation to its physicochemical properties." *Journal of Food Engineering* 80(1): 46-54.
- Yadav, B. K. and V. K. Jindal (2008). "Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (*Oryza sativa* L.)." *Journal of Food Engineering* 86(1): 113-121.
- Yu, S. F., Y. Ma, et al. (2009). "Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage." *Journal of Cereal Science* 50(2): 139-144.
- Zanoni, B., A. Schiraldi, et al. (1995). "Naive Model of Starch Gelatinization Kinetics." *Journal of Food Engineering* 24(1): 25-33.
- Zhao, G. Q., Y. F. Zhang, et al. (2003). "The receptors for mammalian sweet and umami taste." *Cell* 115(3): 255-266.
- Zhao, Q., C. Selomulya, et al. (2012). "Comparison of functional and structural properties of native and industrial process-modified proteins from long-grain indica rice." *Journal of Cereal Science* 56(3): 568-575.
- Zhou, Z., K. Robards, et al. (2002). "Ageing of stored rice: Changes in chemical and physical attributes." *Journal of Cereal Science* 35(1): 65-78.
- Zhou, Z., K. Robards, et al. (2007). "Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice." *Food Chemistry* 105(2): 491-497.
- Zhou, Z. K., K. Robards, et al. (2002). "Composition and functional properties of rice." *International Journal of Food Science and Technology* 37(8): 849-868.

VII. Anexos

Anexo I – Modelo interno de avaliação organolética do arroz cozido.

Tabela 26 - Tabela de classificação do arroz cozido.

Data:	____/____/____	Amostra:	_____
	<u>Características</u>		<u>Valor da amostra em análise</u>
A	Aparência		
1	branco com listas pretas		
2	branco com listas castanhas		
3	estrias vermelhas		
4	creme; branco/acastanhado		
5	Branco		
B	Coesividade		
1	muito pegajoso		
2	separação moderada		
3	ligeiramente separado		
4	parcialmente separado		
5	bem separado		
C	Dureza ao trincar		
1	muito rijo		
2	Rijo		
3	moderadamente rijo		
4	moderadamente suave		
5	Suave		
6	Moderadamente mole		
7	Mole		
8	Muito mole		
D	Comportamento ao mastigar		
1	muito rijo		
2	Rijo		
3	moderadamente rijo		
4	moderadamente suave		
5	Suave		
6	Moderadamente mole		
7	Mole		
8	Muito mole		
E	Sabor		
1	muito mau		
2	Mau		

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

3	Satisfatório	
4	Bom	
F	Aroma	
1	sem aroma	
2	Estranho	
3	Leve	
4	Ótimo	
5	Forte	
G	Alongamento dos grãos	
1	Nenhum	
2	Moderado	
3	Bom	
4	Excelente	
H	Apreciação global	
1	Reprovado	
2	Aceitável	
3	Bom	
4	Excelente	

Fonte: Adaptado de (Bhonsle and Krishnan 2010)

Anexo II – Ficha de avaliação sensorial do arroz, utilizada para a análise descritiva.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ARROZ

Nome: _____ Nº Amostra: _____

Atributos de Qualidade	Descritor				
Aparência	Branco com listas pretas <input type="checkbox"/>	Branco com listas castanhas <input type="checkbox"/>	Estrias vermelhas <input type="checkbox"/>	Creme; branco / acastanhado <input type="checkbox"/>	Branco <input type="checkbox"/>
Coesividade	Muito pegajoso <input type="checkbox"/>	Separação moderada <input type="checkbox"/>	Ligeiramente separado <input type="checkbox"/>	Parcialmente separado <input type="checkbox"/>	Bem separado <input type="checkbox"/>
Alongamento dos grãos	Nenhum <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Bom <input type="checkbox"/>	Excelente <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dureza ao trincar	Muito rijo <input type="checkbox"/>	Rijo <input type="checkbox"/>	Moderadamente rijo <input type="checkbox"/>	Moderadamente suave <input type="checkbox"/>	Suave <input type="checkbox"/>
Comportamento ao mastigar	Muito rijo <input type="checkbox"/>	Rijo <input type="checkbox"/>	Moderadamente rijo <input type="checkbox"/>	Moderadamente suave <input type="checkbox"/>	Suave <input type="checkbox"/>
Sabor	Muito mau <input type="checkbox"/>	Mau <input type="checkbox"/>	Satisfatório <input type="checkbox"/>	Bom <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo III – Ficha da prova de ordenação por preferência.

Ordenação

Ordene as amostras por ordem crescente da sua preferência.

Nome: _____

Preferência	Código Amostra
1(menos)	
2	
3	
4	
5	
6(mais)	

Anexo IV – Análise dos resultados dos testes de absorção da água.

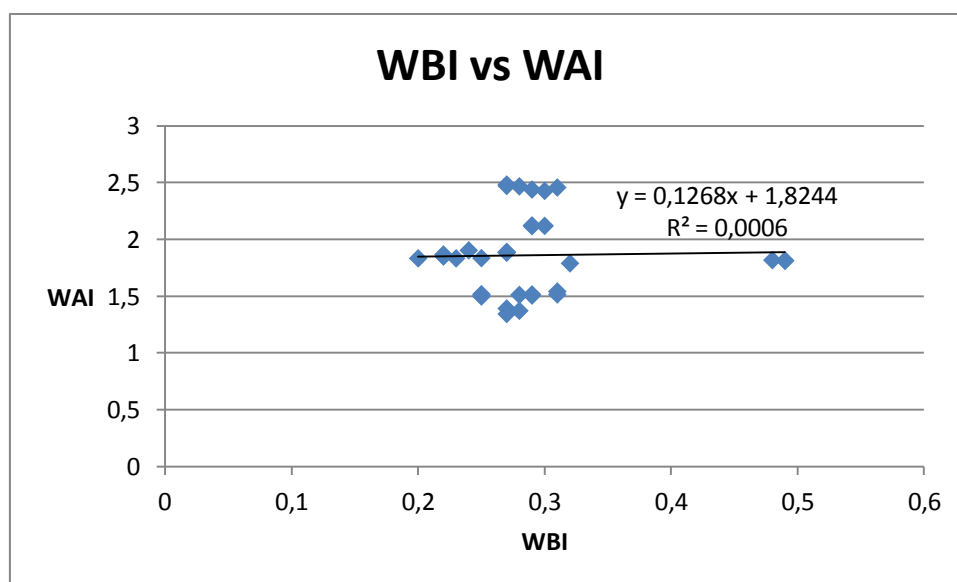


Figura 54 – Gráfico Water Binding Index versus Water Absorption Index.

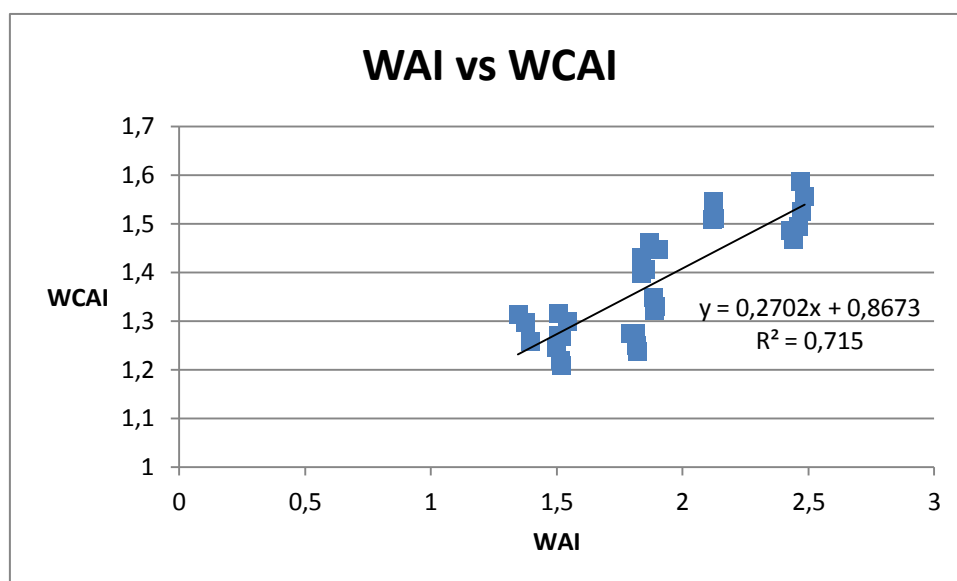


Figura 55 – Gráfico Water Absorption Index versus Water Cooking Absorption Index.

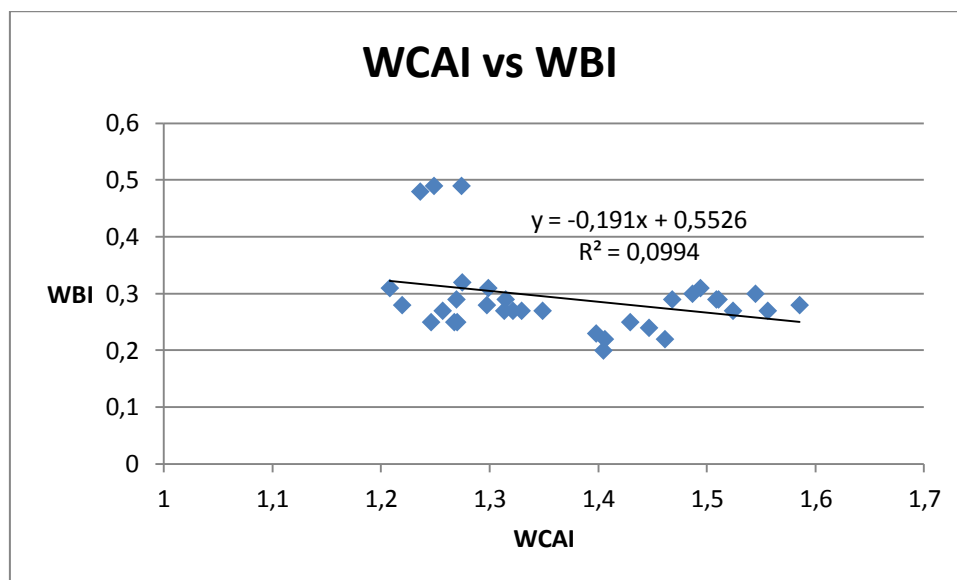


Figura 56 – Gráfico Water Cooking Absorption Index versus Water Binding Index.

Através da Tabela 27 pode-se verificar quais as variedades que apresentaram uma maior absorção de água, aplicando o teste WBI.

Tabela 27 – Estatísticas descritivas referentes ao teste de absorção de água WBI.

Estatísticas descritivas			
Variável dependente: Water Binding Index			
Variedade	Média	Desvio Padrão	N
Agulha (Guiana)	,2933	,00577	3
Agulha (Europeu)	,2133	,01155	3
Carolino	,2700	,00000	3
Basmati	,2733	,00577	3
Agulha vaporizado	,4867	,00577	3
Carnaroli	,2500	,00000	3
Thai jasmim	,3000	,01000	3
OP 1109	,2867	,00577	3
OP 1203	,2733	,00577	3
OP 1001	,2400	,01000	3
OP 1212	,3133	,00577	3
Total	,2909	,06889	33

Em média, a variedade de arroz que absorveu mais água foi o arroz agulha vaporizado seguido da variedade OP 1212, do arroz Thai jasmim e do arroz agulha (Guiana). As variedades que absorveram menor quantidade de água foram o arroz agulha (Europeu) e a variedade OP 1001. As variedades OP 1109 e OP 1203, em média, assemelham-se mais ao arroz Carolino e ao arroz Basmati. Relativamente ao desvio-padrão, verifica-se que este é maior para o arroz agulha (Europeu).

Visualizando a Tabela 28 pode-se verificar quais as variedades que apresentaram uma maior e uma menor absorção de água, aplicando o teste WAI.

Tabela 28 – Estatísticas descritivas referentes ao teste de absorção de água WAI.

Estatísticas descritivas			
Variável dependente: Water Absorption Index			
Variedade	Média	Desvio Padrão	N
Agulha (Guiana)	2,1227	,00306	3
Agulha (Europeu)	1,8527	,01701	3
Carolino	1,8893	,00306	3
Basmati	2,4767	,00833	3
Agulha vaporizado	1,8173	,00306	3
Carnaroli	1,5093	,01007	3
Thai jasmim	2,4440	,01510	3
OP 1109	1,5133	,00503	3
OP 1203	1,3713	,02411	3
OP 1001	1,8600	,03985	3
OP 1212	1,6180	,15125	3
Total	1,8613	,35585	33

Em média, a variedade de arroz com maior absorção de água foi o arroz Basmati, seguido do arroz Thai jasmim e do Agulha (Guiana). A variedade OP 1203 foi a que obteve o menor valor de absorção de água, seguida do arroz Carnaroli e das variedades OP 1109 e OP 1212. De entre as variedades desenvolvidas pelo INIAV, a variedade OP 1001 foi a que apresentou uma maior absorção de água, assemelhando-se ao arroz agulha (Europeu). Assim, verificou-se que, em geral, a partir do teste em questão, as variedades de grão longo caracterizaram-se por uma maior absorção de água do que as de grão mais curto.

A Tabela 29 mostra os resultados de absorção de água para as diferentes variedades, em média, depois de aplicado o teste WCAI.

Tabela 29 – Estatísticas descritivas referentes ao teste de absorção de água WCAI.

Estatísticas descritivas			
Variável dependente: Water Cooking Absorption Index			
Variedade	Média	Desvio Padrão	N
Agulha (Guiana)	1,5213	,02023	3
Agulha (Europeu)	1,4240	,03234	3
Carolino	1,3331	,01405	3
Basmati	1,5551	,03068	3
Agulha vaporizado	1,2529	,01935	3
Carnaroli	1,2611	,01315	3
Thai jasmim	1,4829	,01341	3
OP 1109	1,2678	,04769	3
OP 1203	1,2891	,02921	3
OP 1001	1,4247	,02467	3
OP 1212	1,2604	,04698	3
Total	1,3702	,11371	33

Verifica-se que em média, o arroz Basmati absorve uma maior quantidade de água, seguido do arroz agulha (Guiana) e do arroz Thai jasmim. A variedade OP 1001 absorveu mais água do que as restantes variedades do INIAV, sendo o valor de absorção, em média, muito próximo do valor correspondente ao arroz agulha (Europeu). As variedades com menor absorção de água foram todas as variedades desenvolvidas pelo INIAV (exceto a OP 1001), bem como, o arroz agulha vaporizado e o arroz Carnaroli.

Com o intuito de saber se existia homogeneidade de variâncias para os diferentes testes de absorção de água aplicados, aplicou-se o Teste de Levene (Tabela 30).

Tabela 30 – Teste de Homogeneidade de Variâncias para os diferentes testes de absorção de água (WBI, WAI e WCAI).

Teste de Homogeneidade de Variâncias				
	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Water Binding Index	2,200	10	22	,059
Water Absorption Index	11,344	10	22	,000
Water Cooking Absorption Index	1,240	10	22	,321

Verificou-se que para os testes WBI e WCAI existe homogeneidade de variâncias pois $p > 0,05$. No entanto, para o teste WAI, $p < 0,05$ e, portanto, não existe homogeneidade de variâncias.

Efetuada o teste da ANOVA, pretendia-se verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, para cada teste de absorção de água. Os resultados encontram-se na Tabela 31.

Tabela 31 – Teste ANOVA para os testes de absorção de água WBI, WAI e WCAI.

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Water Binding Index	Entre Grupos	,151	10	,015	311,037	,000
	Nos grupos	,001	22	,000		
	Total	,152	32			
Water Absorption Index	Entre Grupos	4,001	10	,400	170,658	,000
	Nos grupos	,052	22	,002		
	Total	4,052	32			
Water Cooking Absorption Index	Entre Grupos	,395	10	,040	46,932	,000
	Nos grupos	,019	22	,001		
	Total	,414	32			

Uma vez que $p(\text{sig.}) < 0,05$, qualquer que seja o teste de absorção de água, pode-se afirmar que existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, independentemente do teste de absorção de água aplicado. As médias dos valores de absorção de água são diferentes para pelo menos uma variedade, para qualquer teste de absorção. Deste modo foram efetuados testes de comparações múltiplas (testes Post-Hoc) para se perceber quais as variedades estatisticamente diferentes e iguais.

Para os testes WBI e WCAI foi aplicado o teste de Tukey uma vez que havia homogeneidade de variâncias. Para o teste de absorção WAI, na ausência de homogeneidade de variâncias, foi aplicado o teste de Games-Howell. Os resultados referentes ao WBI e ao WAI podem ser observados na Tabela 32 e na Tabela 33, respectivamente.

Tabela 32 – Grupos homogêneos de variedades segundo os resultados do teste de absorção de água WBI.

Water Binding Index									
Tukey HSD ^a									
Variedade	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Agulha (Europeu)	3	,2133							
OP 1001	3		,2400						
Carnaroli	3		,2500	,2500					
Carolino	3			,2700	,2700				
Basmati	3				,2733	,2733			
OP 1203	3				,2733	,2733			
OP 1109	3				,2867	,2867	,2867		
Agulha (Guiana)	3					,2933	,2933	,2933	
Thai jasmim	3						,3000	,3000	
OP 1212	3							,3133	
Agulha vaporizado	3								,4867
Sig.		1,000	,790	,056	,176	,056	,440	,056	1,000

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho de Amostra de Média Harmônica = 3,000.

Pode verificar-se que o arroz agulha (Europeu) é estatisticamente diferente de todas as restantes variedades em estudo, tal como o arroz agulha vaporizado, sendo que estas variedades se situam nos grupos extremos opostos. A variedade OP 1001, à exceção do arroz Carnaroli, apresenta diferenças estatisticamente significativas com todas as variedades. As variedades OP 1203 e OP 1109 são estatisticamente iguais entre si e quando comparadas com o arroz Carolino, Basmati e agulha (Guiana). No entanto, a variedade OP 1109 ainda possui semelhanças a nível estatístico com o arroz Thai jasmim. A variedade OP 1212, segunda variedade com maior absorção de água, de entre todas as variedades em estudo, é estatisticamente diferente de todas à exceção do arroz Thai jasmim e agulha (Guiana).

Tabela 33 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz em relação ao teste de absorção de água WAI – Teste de comparações múltiplas de Games-Howell.

Comparações múltiplas						
Variável dependente: Water Absorption Index						
Games-Howell						
(I) Variedade	(J) Variedade	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Agulha (Guiana)	Agulha (Europeu)	,27000*	,00998	,006	,1756	,3644
	Carolino	,23333*	,00249	,000	,2192	,2475
	Basmati	-,35400*	,00512	,000	-,3947	-,3133
	Agulha vaporizado	,30533*	,00249	,000	,2912	,3195
	Carnaroli	,61333*	,00607	,000	,5619	,6648
	Thai jasmim	-,32133*	,00889	,003	-,4040	-,2387
	OP 1109	,60933*	,00340	,000	,5875	,6311
	OP 1203	,75133*	,01403	,002	,6138	,8889
	OP 1001	,26267*	,02307	,039	,0311	,4942
	OP 1212	,50467	,08734	,145	-,3831	1,3924
Agulha (Europeu)	Agulha (Guiana)	-,27000*	,00998	,006	-,3644	-,1756
	Carolino	-,03667	,00998	,303	-,1311	,0578

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

	Basmati	-,62400*	,01093	,000	-,7010	-,5470
	Agulha vaporizado	,03533	,00998	,322	-,0591	,1298
	Carnaroli	,34333*	,01141	,000	,2694	,4173
	Thai jasmim	-,59133*	,01313	,000	-,6665	-,5162
	OP 1109	,33933*	,01024	,002	,2520	,4267
	OP 1203	,48133*	,01704	,000	,3782	,5844
	OP 1001	-,00733	,02502	1,000	-,1943	,1796
	OP 1212	,23467	,08787	,494	-,6333	1,1027
Carolino	Agulha (Guiana)	-,23333*	,00249	,000	-,2475	-,2192
	Agulha (Europeu)	,03667	,00998	,303	-,0578	,1311
	Basmati	-,58733*	,00512	,000	-,6280	-,5467
	Agulha vaporizado	,07200*	,00249	,000	,0578	,0862
	Carnaroli	,38000*	,00607	,000	,3286	,4314
	Thai jasmim	-,55467*	,00889	,001	-,6373	-,4720
	OP 1109	,37600*	,00340	,000	,3542	,3978
	OP 1203	,51800*	,01403	,003	,3805	,6555
	OP 1001	,02933	,02307	,914	-,2022	,2609
	OP 1212	,27133	,08734	,405	-,6164	1,1591
Basmati	Agulha (Guiana)	,35400*	,00512	,000	,3133	,3947
	Agulha (Europeu)	,62400*	,01093	,000	,5470	,7010
	Carolino	,58733*	,00512	,000	,5467	,6280
	Agulha vaporizado	,65933*	,00512	,000	,6187	,7000
	Carnaroli	,96733*	,00754	,000	,9237	1,0110
	Thai jasmim	,03267	,00996	,299	-,0338	,0992
	OP 1109	,96333*	,00562	,000	,9273	,9994
	OP 1203	1,10533*	,01473	,000	,9858	1,2249
	OP 1001	,61667*	,02350	,005	,3994	,8340
	OP 1212	,85867	,08746	,053	-,0247	1,7421

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Agulha vaporizado	Agulha (Guiana)	-,30533*	,00249	,000	-,3195	-,2912
	Agulha (Europeu)	-,03533	,00998	,322	-,1298	,0591
	Carolino	-,07200*	,00249	,000	-,0862	-,0578
	Basmati	-,65933*	,00512	,000	-,7000	-,6187
	Carnaroli	,30800*	,00607	,001	,2566	,3594
	Thai jasmim	-,62667*	,00889	,001	-,7093	-,5440
	OP 1109	,30400*	,00340	,000	,2822	,3258
	OP 1203	,44600*	,01403	,005	,3085	,5835
	OP 1001	-,04267	,02307	,735	-,2742	,1889
	OP 1212	,19933	,08734	,600	-,6884	1,0871
Carnaroli	Agulha (Guiana)	-,61333*	,00607	,000	-,6648	-,5619
	Agulha (Europeu)	-,34333*	,01141	,000	-,4173	-,2694
	Carolino	-,38000*	,00607	,000	-,4314	-,3286
	Basmati	-,96733*	,00754	,000	-1,0110	-,9237
	Agulha vaporizado	-,30800*	,00607	,001	-,3594	-,2566
	Thai jasmim	-,93467*	,01048	,000	-,9994	-,8700
	OP 1109	-,00400	,00650	,999	-,0493	,0413
	OP 1203	,13800*	,01508	,031	,0242	,2518
	OP 1001	-,35067*	,02373	,016	-,5617	-,1396
	OP 1212	-,10867	,08752	,921	-,9898	,7724
Thai jasmim	Agulha (Guiana)	,32133*	,00889	,003	,2387	,4040
	Agulha (Europeu)	,59133*	,01313	,000	,5162	,6665
	Carolino	,55467*	,00889	,001	,4720	,6373
	Basmati	-,03267	,00996	,299	-,0992	,0338
	Agulha vaporizado	,62667*	,00889	,001	,5440	,7093
	Carnaroli	,93467*	,01048	,000	,8700	,9994
	OP 1109	,93067*	,00919	,000	,8552	1,0062

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

	OP 1203	1,07267*	,01642	,000	,9687	1,1766
	OP 1001	,58400*	,02460	,003	,3910	,7770
	OP 1212	,82600	,08776	,056	-,0462	1,6982
OP 1109	Agulha (Guiana)	-,60933*	,00340	,000	-,6311	-,5875
	Agulha (Europeu)	-,33933*	,01024	,002	-,4267	-,2520
	Carolino	-,37600	,00340	,000	-,3978	-,3542
	Basmati	-,96333*	,00562	,000	-,9994	-,9273
	Agulha vaporizado	-,30400*	,00340	,000	-,3258	-,2822
	Carnaroli	,00400	,00650	,999	-,0413	,0493
	Thai jasmim	-,93067*	,00919	,000	-1,0062	-,8552
	OP 1203	,14200*	,01422	,043	,0105	,2735
	OP 1001	-,34667*	,02319	,021	-,5740	-,1193
	OP 1212	-,10467	,08737	,931	-,9913	,7819
OP 1203	Agulha (Guiana)	-,75133*	,01403	,002	-,8889	-,6138
	Agulha (Europeu)	-,48133*	,01704	,000	-,5844	-,3782
	Carolino	-,51800*	,01403	,003	-,6555	-,3805
	Basmati	-1,10533*	,01473	,000	-1,2249	-,9858
	Agulha vaporizado	-,44600*	,01403	,005	-,5835	-,3085
	Carnaroli	-,13800*	,01508	,031	-,2518	-,0242
	Thai jasmim	-1,07267*	,01642	,000	-1,1766	-,9687
	OP 1109	-,14200*	,01422	,043	-,2735	-,0105
	OP 1001	-,48867*	,02689	,002	-,6613	-,3161
	OP 1212	-,24667	,08843	,463	-1,0958	,6024
OP 1001	Agulha (Guiana)	-,26267*	,02307	,039	-,4942	-,0311
	Agulha (Europeu)	,00733	,02502	1,000	-,1796	,1943
	Carolino	-,02933	,02307	,914	-,2609	,2022
	Basmati	-,61667*	,02350	,005	-,8340	-,3994

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

	Agulha vaporizado	,04267	,02307	,735	-,1889	,2742
	Carnaroli	,35067*	,02373	,016	,1396	,5617
	Thai jasmim	-,58400*	,02460	,003	-,7770	-,3910
	OP 1109	,34667*	,02319	,021	,1193	,5740
	OP 1203	,48867*	,02689	,002	,3161	,6613
	OP 1212	,24200	,09030	,479	-,5530	1,0370
OP 1212	Agulha (Guiana)	-,50467	,08734	,145	-1,3924	,3831
	Agulha (Europeu)	-,23467	,08787	,494	-1,1027	,6333
	Carolino	-,27133	,08734	,405	-1,1591	,6164
	Basmati	-,85867	,08746	,053	-1,7421	,0247
	Agulha vaporizado	-,19933	,08734	,600	-1,0871	,6884
	Carnaroli	,10867	,08752	,921	-,7724	,9898
	Thai jasmim	-,82600	,08776	,056	-1,6982	,0462
	OP 1109	,10467	,08737	,931	-,7819	,9913
	OP 1203	,24667	,08843	,463	-,6024	1,0958
	OP 1001	-,24200	,09030	,479	-1,0370	,5530
*. A diferença média é significativa no nível 0.05.						

Ao analisar a tabela, sempre que se verifica um valor Sig. superior a 0,05, significa que não existem diferenças com significado estatístico entre as variedades em questão. Ao observar-se que este valor é inferior a 0,05, podemos afirmar que existem diferenças estatisticamente diferentes entre as diversas variedades de arroz. Verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre as variedades OP 1109, OP 1001 e OP 1203. A variedade OP 1212 é estatisticamente igual a todas as restantes variedades estudadas. A variedade OP 1109 diferencia-se de todas as variedades à exceção da OP 1212 como já foi referido, mas também da variedade Carnaroli. A variedade OP 1203 é diferente de todas as variedades exceto da OP 1212. A variedade OP 1001 apresenta diferenças com significado estatístico quando comparada com as seguintes variedades comerciais: agulha (Guiana), Basmati, Carnaroli e Thai jasmim.

Anexo V – Análise dos resultados referentes à textura.

Tabela 34 – Comunalidades entre os parâmetros de textura analisados.

Comunalidades		
	Inicial	Extração
Dureza	1,000	,976
Força adesiva	1,000	,877
Dureza 2º ciclo	1,000	,974
Área 1	1,000	,981
Área -1	1,000	,818
Tempo dureza	1,000	,255
Tempo força adesiva	1,000	,797
Razão força adesiva/dureza	1,000	,850
Razão dureza 2º ciclo/dureza	1,000	,845
Razão área -1/área 1	1,000	,813
Módulo de elasticidade aparente	1,000	,884
Aderência	1,000	,711
Elasticidade	1,000	,917
Coesividade	1,000	,929
Mastigabilidade	1,000	,955
Área ciclo 1	1,000	,983
Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	1,000	,989
Energia recuperada do segundo ciclo	1,000	,967
Gomosidade	1,000	,973
Índice de comportamento tipo borracha	1,000	,955
Índice de comportamento elástico	1,000	,916
Área ciclo 2	1,000	,987
Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	1,000	,977
Energia recuperada do primeiro ciclo	1,000	,966
Força média	1,000	,559
Método de extração: Análise de Componentes Principais		

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 36 – Análise da confiabilidade dos quatro componentes extraídos.

Componente 1	M	DP	N	Alpha de Cronbach
Hardness (Pico 1)	539,7107	295,59474	363	
Hardness cycle 2 (Pico 2)	479,5165	269,29946	363	
Área 1	3534,1607	1719,93684	363	
Tempo pico 1	10,3171	,06071	363	
Apparent modulus	67,9963	45,66150	363	
Chewiness	541,2079	331,32418	363	
Área ciclo 1	2148,5093	1009,19811	363	
Work done to hardness 2	772,1076	328,19673	363	0,978
Recoverable work done 2	299,2417	147,77504	363	
Gumminess	234,3430	120,21758	363	
Chewiness index	108,2431	66,27006	363	
Área ciclo 2	1071,3493	472,27636	363	
Work done to hardness 1	1793,8145	878,24577	363	
Recoverable work done 1	354,6941	171,19603	363	
Componente 2				
Tempo pico -1	14,6614	1,72743	363	
Springiness	2,2888	,60665	363	
Cohesiveness	,4594	,11231	363	0,616
Springiness index	0,4578	0,12118	363	
Mean load	11,6017	4,37532	363	
Componente 3				
Adhesive force (Pico -1)	-20,2369	19,04281	363	
Área -1	-22,4285	33,18229	363	
Razão pico -1/pico 1	,0381	,02851	363	0,620
Razão área -1/área 1	,0067	,01192	363	
Adhesiveness	-41,6378	56,33743	363	

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 37 – Correlações entre os parâmetros de textura: Dureza, Força adesiva, Dureza 2º ciclo, Área 1 e Área -1.

Correlation Matrix ^a						
		Dureza	Força adesiva	Dureza 2º ciclo	Área 1	Área -1
Correlation	Dureza (Dureza)	1,000	-,489	,998	,961	-,211
	Adhesive force (Força adesiva)	-,489	1,000	-,480	-,521	,572
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	,998	-,480	1,000	,950	-,205
	Área 1	,961	-,521	,950	1,000	-,198
	Área -1	-,211	,572	-,205	-,198	1,000
	Tempo dureza	,410	-,224	,409	,397	-,116
	Tempo força adesiva	-,432	,620	-,422	-,478	,165
	Razão força adesiva/dureza	-,020	-,758	-,027	,017	-,577
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	,183	-,013	,236	,061	,028
	Razão área -1/área 1	-,094	-,321	-,094	-,122	-,825
	Módulo de elasticidade aparente	,959	-,402	,966	,851	-,192
	Aderência	-,383	,860	-,377	-,386	,536
	Elasticidade	-,316	,569	-,309	-,371	,125
	Coesividade	-,414	,636	-,391	-,531	,214
	Mastigabilidade	,587	,115	,593	,482	-,044
	Área ciclo 1	,965	-,442	,955	,992	-,161
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,886	-,176	,885	,853	-,092
	Energia recuperada do segundo ciclo	,773	,030	,776	,730	,037
	Gomosidade	,883	-,176	,890	,782	-,124
	Índice de comportamento tipo borracha	,587	,115	,593	,482	-,044
	Índice de comportamento elástico	-,316	,568	-,309	-,372	,124
	Área ciclo 2	,857	-,113	,858	,821	-,052
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,961	-,517	,950	,999	-,195
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,758	,050	,757	,727	,052
	Força média	,528	-,462	,511	,682	-,084

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 38 – Correlações entre os parâmetros de textura: Tempo dureza, Tempo força adesiva, Razão força adesiva/dureza.

Correlation Matrix ^a				
		Tempo dureza	Tempo força adesiva	Razão força adesiva/dureza
Correlation	Dureza (Dureza)	,410	-,432	-,020
	Adhesive force (Força adesiva)	-,224	,620	-,758
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	,409	-,422	-,027
	Área 1	,397	-,478	,017
	Área -1	-,116	,165	-,577
	Tempo dureza	1,000	-,146	-,024
	Tempo força adesiva	-,146	1,000	-,471
	Razão força adesiva/dureza	-,024	-,471	1,000
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	,133	,077	-,165
	Razão área -1/área 1	-,029	,044	,594
	Módulo de elasticidade aparente	,377	-,354	-,059
	Aderência	-,195	,401	-,661
	Elasticidade	-,112	,818	-,444
	Coesividade	-,114	,851	-,496
	Mastigabilidade	,307	,274	-,424
	Área ciclo 1	,371	-,404	-,066
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,402	-,098	-,293
	Energia recuperada do segundo ciclo	,364	,056	-,452
	Gomosidade	,417	-,086	-,274
	Índice de comportamento tipo borracha	,307	,274	-,424
	Índice de comportamento elástico	-,114	,817	-,443
	Área ciclo 2	,393	-,051	-,345
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,355	-,478	,016
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,369	,072	-,468
	Força média	,244	-,387	,118

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 39 – Correlações entre os parâmetros de textura: Razão dureza 2º ciclo/dureza, Razão área -1/área 1, Módulo de elasticidade aparente.

Correlation Matrix ^a				
		Razão dureza 2º ciclo/dureza	Razão área -1/área 1	Módulo de elasticidade aparente
Correlation	Dureza	,183	-,094	,959
	Força adesiva	-,013	-,321	-,402
	Dureza 2º ciclo	,236	-,094	,966
	Área 1	,061	-,122	,851
	Área -1	,028	-,825	-,192
	Tempo dureza	,133	-,029	,377
	Tempo força adesiva	,077	,044	-,354
	Razão força adesiva/dureza	-,165	,594	-,059
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	1,000	-,073	,251
	Razão área -1/área 1	-,073	1,000	-,068
	Módulo de elasticidade aparente	,251	-,068	1,000
	Aderência	-,024	-,385	-,332
	Elasticidade	,054	,044	-,234
	Coesividade	,324	-,022	-,278
	Mastigabilidade	,252	-,074	,642
	Área ciclo 1	,087	-,149	,865
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,210	-,158	,850
	Energia recuperada do segundo ciclo	,262	-,234	,753
	Gomosidade	,301	-,107	,912
	Índice de comportamento tipo borracha	,252	-,074	,642
	Índice de comportamento elástico	,054	,044	-,234
	Área ciclo 2	,228	-,183	,826
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,062	-,123	,851
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,199	-,247	,731
	Força média	-,047	-,122	,328

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 40 – Correlações entre os parâmetros de textura: Aderência, Elasticidade, Coesividade.

Correlation Matrix ^a				
		Aderência	Elasticidade	Coesividade
Correlation	Dureza (Dureza)	-,383	-,316	-,414
	Adhesive force (Força adesiva)	,860	,569	,636
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	-,377	-,309	-,391
	Área 1	-,386	-,371	-,531
	Área -1	,536	,125	,214
	Tempo dureza	-,195	-,112	-,114
	Tempo força adesiva	,401	,818	,851
	Razão força adesiva/dureza	-,661	-,444	-,496
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	-,024	,054	,324
	Razão área -1/área 1	-,385	,044	-,022
	Módulo de elasticidade aparente	-,332	-,234	-,278
	Aderência	1,000	,334	,423
	Elasticidade	,334	1,000	,829
	Coesividade	,423	,829	1,000
	Mastigabilidade	,031	,497	,379
	Área ciclo 1	-,318	-,291	-,445
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	-,133	,055	-,062
	Energia recuperada do segundo ciclo	,065	,181	,112
	Gomosidade	-,157	,067	,015
	Índice de comportamento tipo borracha	,031	,497	,379
	Índice de comportamento elástico	,334	1,000	,829
	Área ciclo 2	-,072	,095	-,008
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	-,382	-,372	-,532
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,086	,193	,105
	Força média	-,324	-,378	-,524

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 41 – Correlações entre os parâmetros de textura: Mastigabilidade, Área ciclo 1, Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza.

Correlation Matrix ^a				
		Mastigabilidade	Área ciclo 1	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza
Correlation	Dureza (Dureza)	,587	,965	,886
	Adhesive force (Força adesiva)	,115	-,442	-,176
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	,593	,955	,885
	Área 1	,482	,992	,853
	Área -1	-,044	-,161	-,092
	Tempo dureza	,307	,371	,402
	Tempo força adesiva	,274	-,404	-,098
	Razão força adesiva/dureza	-,424	-,066	-,293
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	,252	,087	,210
	Razão área -1/área 1	-,074	-,149	-,158
	Módulo de elasticidade aparente	,642	,865	,850
	Aderência	,031	-,318	-,133
	Elasticidade	,497	-,291	,055
	Coesividade	,379	-,445	-,062
	Mastigabilidade	1,000	,565	,844
	Área ciclo 1	,565	1,000	,904
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,844	,904	1,000
	Energia recuperada do segundo ciclo	,882	,803	,964
	Gomosidade	,878	,834	,964
	Índice de comportamento tipo borracha	1,000	,565	,844
	Índice de comportamento elástico	,496	-,291	,055
	Área ciclo 2	,863	,879	,997
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,479	,993	,852
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,876	,800	,959
	Força média	,072	,648	,436

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 42 – Correlações entre os parâmetros de textura: Energia recuperada do segundo ciclo, Gomosidade, Índice de comportamento tipo borracha.

Correlation Matrix ^a				
		Energia recuperada do segundo ciclo	Gomosidade	Mastigabilidade index
Correlation	Dureza (Dureza)	,773	,883	,587
	Adhesive force (Força adesiva)	,030	-,176	,115
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	,776	,890	,593
	Área 1	,730	,782	,482
	Área -1	,037	-,124	-,044
	Tempo dureza	,364	,417	,307
	Tempo força adesiva	,056	-,086	,274
	Razão força adesiva/dureza	-,452	-,274	-,424
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	,262	,301	,252
	Razão área -1/área 1	-,234	-,107	-,074
	Módulo de elasticidade aparente	,753	,912	,642
	Aderência	,065	-,157	,031
	Elasticidade	,181	,067	,497
	Coesividade	,112	,015	,379
	Mastigabilidade	,882	,878	1,000
	Área ciclo 1	,803	,834	,565
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,964	,964	,844
	Energia recuperada do segundo ciclo	1,000	,932	,882
	Gomosidade	,932	1,000	,878
	Índice de comportamento tipo borracha	,882	,878	1,000
	Índice de comportamento elástico	,180	,066	,496
	Área ciclo 2	,983	,962	,863
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,728	,779	,479
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,996	,917	,876
	Força média	,336	,288	,072

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 43 – Correlações entre os parâmetros de textura: Índice de comportamento elástico, Área ciclo 2, Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza.

Correlation Matrix ^a				
		Índice de comportamento elástico	Área ciclo 2	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza
Correlation	Dureza (Dureza)	-,316	,857	,961
	Adhesive force (Força adesiva)	,568	-,113	-,517
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	-,309	,858	,950
	Área 1	-,372	,821	,999
	Área -1	,124	-,052	-,195
	Tempo dureza	-,114	,393	,355
	Tempo força adesiva	,817	-,051	-,478
	Razão força adesiva/dureza	-,443	-,345	,016
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	,054	,228	,062
	Razão área -1/área 1	,044	-,183	-,123
	Módulo de elasticidade aparente	-,234	,826	,851
	Aderência	,334	-,072	-,382
	Elasticidade	1,000	,095	-,372
	Coesividade	,829	-,008	-,532
	Mastigabilidade	,496	,863	,479
	Área ciclo 1	-,291	,879	,993
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,055	,997	,852
	Energia recuperada do segundo ciclo	,180	,983	,728
	Gomosidade	,066	,962	,779
	Índice de comportamento tipo borracha	,496	,863	,479
	Índice de comportamento elástico	1,000	,094	-,372
	Área ciclo 2	,094	1,000	,820
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	-,372	,820	1,000
	Energia recuperada do primeiro ciclo	,192	,978	,724
	Força média	-,379	,408	,678

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 44 – Correlações entre os parâmetros de textura: Energia recuperada do primeiro ciclo, Força média.

Correlation Matrix ^a			
		Energia recuperada do primeiro ciclo	Força média
Correlation	Dureza (Dureza)	,758	,528
	Adhesive force (Força adesiva)	,050	-,462
	Dureza 2º ciclo (Dureza 2º ciclo)	,757	,511
	Área 1	,727	,682
	Área -1	,052	-,084
	Tempo dureza	,369	,244
	Tempo força adesiva	,072	-,387
	Razão força adesiva/dureza	-,468	,118
	Razão dureza 2º ciclo/dureza	,199	-,047
	Razão área -1/área 1	-,247	-,122
	Módulo de elasticidade aparente	,731	,328
	Aderência	,086	-,324
	Elasticidade	,193	-,378
	Coesividade	,105	-,524
	Mastigabilidade	,876	,072
	Área ciclo 1	,800	,648
	Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	,959	,436
	Energia recuperada do segundo ciclo	,996	,336
	Gomosidade	,917	,288
	Índice de comportamento tipo borracha	,876	,072
	Índice de comportamento elástico	,192	-,379
	Área ciclo 2	,978	,408
	Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	,724	,678
	Energia recuperada do primeiro ciclo	1,000	,347
	Força média	,347	1,000

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 45 – Tabela dos desvios-padrão normalizados pelas médias referentes a cada parâmetro de textura.

Parâmetro textural	Desvio-padrão
Dureza	0,163887388
Força adesiva	0,180071016
Dureza 2º ciclo	0,170967039
Área 1	0,165247354
Área -1	0,609518723
Tempo dureza	0,001964317
Tempo força adesiva	0,037827649
Razão força adesiva/dureza	0,21335081
Razão dureza 2º ciclo/dureza	0,020299353
Razão área -1/área 1	0,631131599
Módulo de elasticidade aparente	0,200461049
Aderência	0,345463706
Elasticidade	0,094063785
Coesividade	0,064445041
Mastigabilidade	0,240668403
Área ciclo 1	0,164467283
Energia utilizada ate ao 2º pico de dureza	0,170333046
Energia recuperada do segundo ciclo	0,194203251
Gomosidade	0,190642139
Índice de comportamento tipo borracha	0,240639302
Índice de comportamento elástico	0,093578983
Área ciclo 2	0,175251169
Energia utilizada ate ao 1º pico de dureza	0,16364914
Energia recuperada do primeiro ciclo	0,189723942
Força média	0,20702938

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 46 – Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades, independentemente do processo, para o parâmetro “Elasticidade”.

Comparações múltiplas						
Variável dependente: Elasticidade						
Tukey HSD						
(I) Variedade	(J) Variedade	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Agulha (Guiana)	Agulha (Europeu)	-,01909	,13921	1,000	-,4702	,4320
	Carolino	,30545	,13921	,511	-,1456	,7565
	Basmati	-,10424	,13921	1,000	-,5553	,3468
	Agulha vaporizado	-,13788	,13921	,996	-,5889	,3132
	Carnaroli	,10394	,13921	1,000	-,3471	,5550
	Thai jasmim	,32394	,13921	,418	-,1271	,7750
	OP 1109	,50485*	,13921	,014	,0538	,9559
	OP 1203	,46758*	,13921	,035	,0165	,9186
	OP 1001	-,08576	,13921	1,000	-,5368	,3653
	OP 1212	,45152*	,13921	,050	,0005	,9026
Agulha (Europeu)	Agulha (Guiana)	,01909	,13921	1,000	-,4320	,4702
	Carolino	,32455	,13921	,415	-,1265	,7756
	Basmati	-,08515	,13921	1,000	-,5362	,3659
	Agulha vaporizado	-,11879	,13921	,999	-,5698	,3323
	Carnaroli	,12303	,13921	,998	-,3280	,5741
	Thai jasmim	,34303	,13921	,330	-,1080	,7941
	OP 1109	,52394*	,13921	,009	,0729	,9750
	OP 1203	,48667*	,13921	,022	,0356	,9377
	OP 1001	-,06667	,13921	1,000	-,5177	,3844
	OP 1212	,47061*	,13921	,033	,0195	,9217
Carolino	Agulha (Guiana)	-,30545	,13921	,511	-,7565	,1456
	Agulha (Europeu)	-,32455	,13921	,415	-,7756	,1265
	Basmati	-,40970	,13921	,114	-,8608	,0414
	Agulha	-,44333	,13921	,059	-,8944	,0077

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

	vaporizado					
	Carnaroli	-,20152	,13921	,935	-,6526	,2495
	Thai jasmim	,01848	,13921	1,000	-,4326	,4695
	OP 1109	,19939	,13921	,940	-,2517	,6505
	OP 1203	,16212	,13921	,986	-,2889	,6132
	OP 1001	-,39121	,13921	,158	-,8423	,0598
	OP 1212	,14606	,13921	,994	-,3050	,5971
Basmati	Agulha (Guiana)	,10424	,13921	1,000	-,3468	,5553
	Agulha (Europeu)	,08515	,13921	1,000	-,3659	,5362
	Carolino	,40970	,13921	,114	-,0414	,8608
	Agulha vaporizado	-,03364	,13921	1,000	-,4847	,4174
	Carnaroli	,20818	,13921	,921	-,2429	,6592
	Thai jasmim	,42818	,13921	,080	-,0229	,8792
	OP 1109	,60909*	,13921	,001	,1580	1,0602
	OP 1203	,57182*	,13921	,002	,1208	1,0229
	OP 1001	,01848	,13921	1,000	-,4326	,4695
	OP 1212	,55576*	,13921	,004	,1047	1,0068
Agulha vaporizado	Agulha (Guiana)	,13788	,13921	,996	-,3132	,5889
	Agulha (Europeu)	,11879	,13921	,999	-,3323	,5698
	Carolino	,44333	,13921	,059	-,0077	,8944
	Basmati	,03364	,13921	1,000	-,4174	,4847
	Carnaroli	,24182	,13921	,815	-,2092	,6929
	Thai jasmim	,46182*	,13921	,040	,0108	,9129
	OP 1109	,64273*	,13921	,000	,1917	1,0938
	OP 1203	,60545*	,13921	,001	,1544	1,0565
	OP 1001	,05212	,13921	1,000	-,3989	,5032
	OP 1212	,58939*	,13921	,001	,1383	1,0405
Carnaroli	Agulha (Guiana)	-,10394	,13921	1,000	-,5550	,3471
	Agulha (Europeu)	-,12303	,13921	,998	-,5741	,3280
	Carolino	,20152	,13921	,935	-,2495	,6526
	Basmati	-,20818	,13921	,921	-,6592	,2429

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

	Agulha vaporizado	-,24182	,13921	,815	-,6929	,2092
	Thai jasmim	,22000	,13921	,890	-,2311	,6711
	OP 1109	,40091	,13921	,134	-,0502	,8520
	OP 1203	,36364	,13921	,247	-,0874	,8147
	OP 1001	-,18970	,13921	,956	-,6408	,2614
	OP 1212	,34758	,13921	,310	-,1035	,7986
Thai jasmim	Agulha (Guiana)	-,32394	,13921	,418	-,7750	,1271
	Agulha (Europeu)	-,34303	,13921	,330	-,7941	,1080
	Carolino	-,01848	,13921	1,000	-,4695	,4326
	Basmati	-,42818	,13921	,080	-,8792	,0229
	Agulha vaporizado	-,46182*	,13921	,040	-,9129	-,0108
	Carnaroli	-,22000	,13921	,890	-,6711	,2311
	OP 1109	,18091	,13921	,969	-,2702	,6320
	OP 1203	,14364	,13921	,994	-,3074	,5947
	OP 1001	-,40970	,13921	,114	-,8608	,0414
	OP 1212	,12758	,13921	,998	-,3235	,5786
OP 1109	Agulha (Guiana)	-,50485*	,13921	,014	-,9559	-,0538
	Agulha (Europeu)	-,52394*	,13921	,009	-,9750	-,0729
	Carolino	-,19939	,13921	,940	-,6505	,2517
	Basmati	-,60909*	,13921	,001	-1,0602	-,1580
	Agulha vaporizado	-,64273*	,13921	,000	-1,0938	-,1917
	Carnaroli	-,40091	,13921	,134	-,8520	,0502
	Thai jasmim	-,18091	,13921	,969	-,6320	,2702
	OP 1203	-,03727	,13921	1,000	-,4883	,4138
	OP 1001	-,59061*	,13921	,001	-1,0417	-,1395
	OP 1212	-,05333	,13921	1,000	-,5044	,3977
OP 1203	Agulha (Guiana)	-,46758*	,13921	,035	-,9186	-,0165
	Agulha (Europeu)	-,48667*	,13921	,022	-,9377	-,0356
	Carolino	-,16212	,13921	,986	-,6132	,2889

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

	Basmati	-,57182*	,13921	,002	-1,0229	-,1208
	Agulha vaporizado	-,60545*	,13921	,001	-1,0565	-,1544
	Carnaroli	-,36364	,13921	,247	-,8147	,0874
	Thai jasmim	-,14364	,13921	,994	-,5947	,3074
	OP 1109	,03727	,13921	1,000	-,4138	,4883
	OP 1001	-,55333*	,13921	,004	-1,0044	-,1023
	OP 1212	-,01606	,13921	1,000	-,4671	,4350
OP 1001	Agulha (Guiana)	,08576	,13921	1,000	-,3653	,5368
	Agulha (Europeu)	,06667	,13921	1,000	-,3844	,5177
	Carolino	,39121	,13921	,158	-,0598	,8423
	Basmati	-,01848	,13921	1,000	-,4695	,4326
	Agulha vaporizado	-,05212	,13921	1,000	-,5032	,3989
	Carnaroli	,18970	,13921	,956	-,2614	,6408
	Thai jasmim	,40970	,13921	,114	-,0414	,8608
	OP 1109	,59061*	,13921	,001	,1395	1,0417
	OP 1203	,55333*	,13921	,004	,1023	1,0044
	OP 1212	,53727*	,13921	,006	,0862	,9883
OP 1212	Agulha (Guiana)	-,45152*	,13921	,050	-,9026	-,0005
	Agulha (Europeu)	-,47061*	,13921	,033	-,9217	-,0195
	Carolino	-,14606	,13921	,994	-,5971	,3050
	Basmati	-,55576*	,13921	,004	-1,0068	-,1047
	Agulha vaporizado	-,58939*	,13921	,001	-1,0405	-,1383
	Carnaroli	-,34758	,13921	,310	-,7986	,1035
	Thai jasmim	-,12758	,13921	,998	-,5786	,3235
	OP 1109	,05333	,13921	1,000	-,3977	,5044
	OP 1203	,01606	,13921	1,000	-,4350	,4671
	OP 1001	-,53727*	,13921	,006	-,9883	-,0862

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Anexo VI – Diferenças estatisticamente significativas entre os processos, independentemente da variedade de arroz, para os parâmetros de textura.

Tabela 47 - Diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação de arroz para o parâmetro de textura dureza.

(I) Processo de cozedura ou conservação	(J) Processo de cozedura ou conservação	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Após cozedura de 12'	Esterilização após cozedura de 5'	562,24242	,000	321,8363	802,6485
	Esterilização após cozedura de 12'	535,63636	,000	284,4305	786,8422
	Pasteurização após cozedura de 12'	654,72727	,000	421,5555	887,8990
	Pasteurização após cozedura de 5'	587,96970	,000	351,9229	824,0165
	Secagem	280,25758	,011	40,5331	519,9821
	Após cozedura adaptada	331,06061	,001	91,2462	570,8750
	Refrigeração após cozedura adaptada	389,12121	,000	134,3814	643,8610
	Congelação após cozedura adaptada	474,50000	,000	231,7506	717,2494
Refrigeração após cozedura de 12'	Esterilização após cozedura de 5'	465,93939	,000	262,6055	669,2733
	Esterilização após cozedura de 12'	439,33333	,000	222,9203	655,7463
	Pasteurização após cozedura de 12'	558,42424	,000	363,9141	752,9343
	Pasteurização após cozedura de 5'	491,66667	,000	293,6492	689,6841
	Após cozedura adaptada	234,75758	,012	32,1445	437,3706
	Refrigeração após cozedura adaptada	292,81818	,002	72,1656	513,4708
	Congelação após cozedura adaptada	378,19697	,000	172,0116	584,3823

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Congelação após cozedura de 12'	Esterilização após cozedura de 5'	330,04545	,000	122,4538	537,6371
	Esterilização após cozedura de 12'	303,43939	,001	83,0757	523,8031
	Pasteurização após cozedura de 12'	422,53030	,000	223,5438	621,5168
	Pasteurização após cozedura de 5'	355,77273	,000	153,3661	558,1793
	Congelação após cozedura adaptada	242,30303	,012	31,9291	452,6770
Secagem	Após cozedura de 12'	-280,25758	,011	-519,9821	-40,5331
	Esterilização após cozedura de 5'	281,98485	,000	167,5869	396,3828
	Esterilização após cozedura de 12'	255,37879	,000	116,1978	394,5597
	Pasteurização após cozedura de 12'	374,46970	,000	279,4207	469,5187
	Pasteurização após cozedura de 5'	307,71212	,000	204,6784	410,7458
	Congelação após cozedura adaptada	194,24242	,000	74,0940	314,3909
Após cozedura adaptada	Após cozedura de 12'	-331,06061	,001	-570,8750	-91,2462
	Refrigeração após cozedura de 12'	-234,75758	,012	-437,3706	-32,1445
	Esterilização após cozedura de 5'	231,18182	,000	116,5603	345,8034
	Esterilização após cozedura de 12'	204,57576	,000	65,2209	343,9307
	Pasteurização após cozedura de 12'	323,66667	,000	228,3344	418,9989
	Pasteurização após cozedura de 5'	256,90909	,000	153,6197	360,1985
	Congelação após cozedura adaptada	143,43939	,008	23,0810	263,7978

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Refrigeração após cozedura adaptada	Após cozedura de 12'	-389,12121	,000	-643,8610	-134,3814
	Refrigeração após cozedura de 12'	-292,81818	,002	-513,4708	-72,1656
	Esterilização após cozedura de 5'	173,12121	,010	25,4018	320,8406
	Pasteurização após cozedura de 12'	265,60606	,000	131,1884	400,0237
	Pasteurização após cozedura de 5'	198,84848	,001	59,0976	338,5993
Congelação após cozedura adaptada	Após cozedura de 12'	-474,50000	,000	-717,2494	-231,7506
	Refrigeração após cozedura de 12'	-378,19697	,000	-584,3823	-172,0116
	Congelação após cozedura de 12'	-242,30303	,012	-452,6770	-31,9291
	Pasteurização após cozedura de 12'	180,22727	,000	76,0667	284,3878
	Pasteurização após cozedura de 5'	113,46970	,042	2,1318	224,8076
	Secagem	-194,24242	,000	-314,3909	-74,0940
	Após cozedura adaptada	-143,43939	,008	-263,7978	-23,0810

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 48 - Diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à aderência.

(I) Processo de cozedura ou conservação	(J) Processo de cozedura ou conservação	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Após cozedura de 12'	Esterilização após cozedura de 5'	-85,00667 [*]	,000	-142,2409	-27,7725
	Pasteurização após cozedura de 12'	-86,42242 [*]	,000	-142,4331	-30,4117
	Pasteurização após cozedura de 5'	-94,55091 [*]	,000	-149,7743	-39,3275
	Secagem	-84,29485 [*]	,000	-140,0127	-28,5770
	Refrigeração após cozedura adaptada	-74,59242 [*]	,003	-131,5217	-17,6632
	Congelação após cozedura adaptada	-81,51848 [*]	,001	-138,0767	-24,9602
Refrigeração após cozedura de 12'	Esterilização após cozedura de 5'	-47,58970 [*]	,024	-91,5131	-3,6663
	Pasteurização após cozedura de 12'	-49,00545 [*]	,012	-91,2598	-6,7511
	Pasteurização após cozedura de 5'	-57,13394 [*]	,001	-98,3184	-15,9495
	Secagem	-46,87788 [*]	,018	-88,7334	-5,0224
	Congelação após cozedura adaptada	-44,10152 [*]	,040	-87,1030	-1,1000
Congelação após cozedura de 12'	Esterilização após cozedura de 5'	-40,18364 [*]	,014	-75,4431	-4,9241
	Pasteurização após cozedura de 12'	-41,59939 [*]	,004	-74,6586	-8,5402
	Pasteurização após cozedura de 5'	-49,72788 [*]	,000	-81,3702	-18,0855
	Secagem	-39,47182 [*]	,007	-72,0021	-6,9416
	Congelação após cozedura adaptada	-36,69545 [*]	,025	-70,7433	-2,6476

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Pasteurização após cozedura de 5'	Após cozedura de 12'	94,55091 [*]	,000	39,3275	149,7743
	Refrigeração após cozedura de 12'	57,13394 [*]	,001	15,9495	98,3184
	Congelação após cozedura de 12'	49,72788 [*]	,000	18,0855	81,3702
	Esterilização após cozedura de 12'	39,51939 [*]	,001	10,9331	68,1057
	Após cozedura adaptada	49,78061 [*]	,037	1,7369	97,8243
	Refrigeração após cozedura adaptada	19,95848 [*]	,019	1,9750	37,9419

Tabela 49 - Diferenças estatisticamente significativas entre os processos de cozedura/conservação de arroz, analisando o parâmetro de textura correspondente à elasticidade.

(I) Processo de cozedura ou conservação	(J) Processo de cozedura ou conservação	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Após cozedura de 12'	Pasteurização após cozedura de 12'	-,81242	,000	-1,1319	-,4929
	Pasteurização após cozedura de 5'	-,70273	,000	-1,1435	-,2620
	Refrigeração após cozedura adaptada	-,53545	,000	-,9025	-,1684
	Congelação após cozedura adaptada	-,49121	,001	-,8570	-,1254
Refrigeração após cozedura de 12'	Pasteurização após cozedura de 12'	-,49788	,001	-,8606	-,1351
Congelação após cozedura de 12'	Pasteurização após cozedura de 12'	-,58606	,000	-,8916	-,2805
	Pasteurização após cozedura de 5'	-,47636	,019	-,9080	-,0448

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Esterilização após cozedura de 5'	Após cozedura de 12'	1,23485	,000	,9058	1,5639
	Refrigeração após cozedura de 12'	,92030	,000	,5494	1,2912
	Congelação após cozedura de 12'	1,00848	,000	,6928	1,3241
	Pasteurização após cozedura de 12'	,42242	,001	,1240	,7208
	Pasteurização após cozedura de 5'	,53212	,005	,1050	,9592
	Secagem	1,16333	,000	,8005	1,5262
	Após cozedura adaptada	1,11000	,000	,8012	1,4188
	Refrigeração após cozedura adaptada	,69939	,000	,3497	1,0491
	Congelação após cozedura adaptada	,74364	,000	,3954	1,0919
Esterilização após cozedura de 12'	Após cozedura de 12'	1,27576	,000	,9842	1,5673
	Refrigeração após cozedura de 12'	,96121	,000	,6219	1,3005
	Congelação após cozedura de 12'	1,04939	,000	,7737	1,3251
	Pasteurização após cozedura de 12'	,46333	,000	,2084	,7183
	Pasteurização após cozedura de 5'	,57303	,001	,1721	,9739
	Secagem	1,20424	,000	,8740	1,5345
	Após cozedura adaptada	1,15091	,000	,8834	1,4184
	Refrigeração após cozedura adaptada	,74030	,000	,4250	1,0556
	Congelação após cozedura adaptada	,78455	,000	,4709	1,0982

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Secagem	Pasteurização após cozedura de 12'	-,74091	,000	-1,0953	-,3865
	Pasteurização após cozedura de 5'	-,63121	,001	-1,0959	-,1666
	Refrigeração após cozedura adaptada	-,46394	,010	-,8608	-,0671
	Congelação após cozedura adaptada	-,41970	,029	-,8153	-,0241
Após cozedura adaptada	Pasteurização após cozedura de 12'	-,68758	,000	-,9859	-,3892
	Pasteurização após cozedura de 5'	-,57788	,001	-1,0049	-,1508
	Refrigeração após cozedura adaptada	-,41061	,009	-,7602	-,0610
	Congelação após cozedura adaptada	-,36636	,031	-,7146	-,0181

Anexo VII – Gráficos Elasticidade versus Aderência e gráficos Dureza versus Elasticidade.

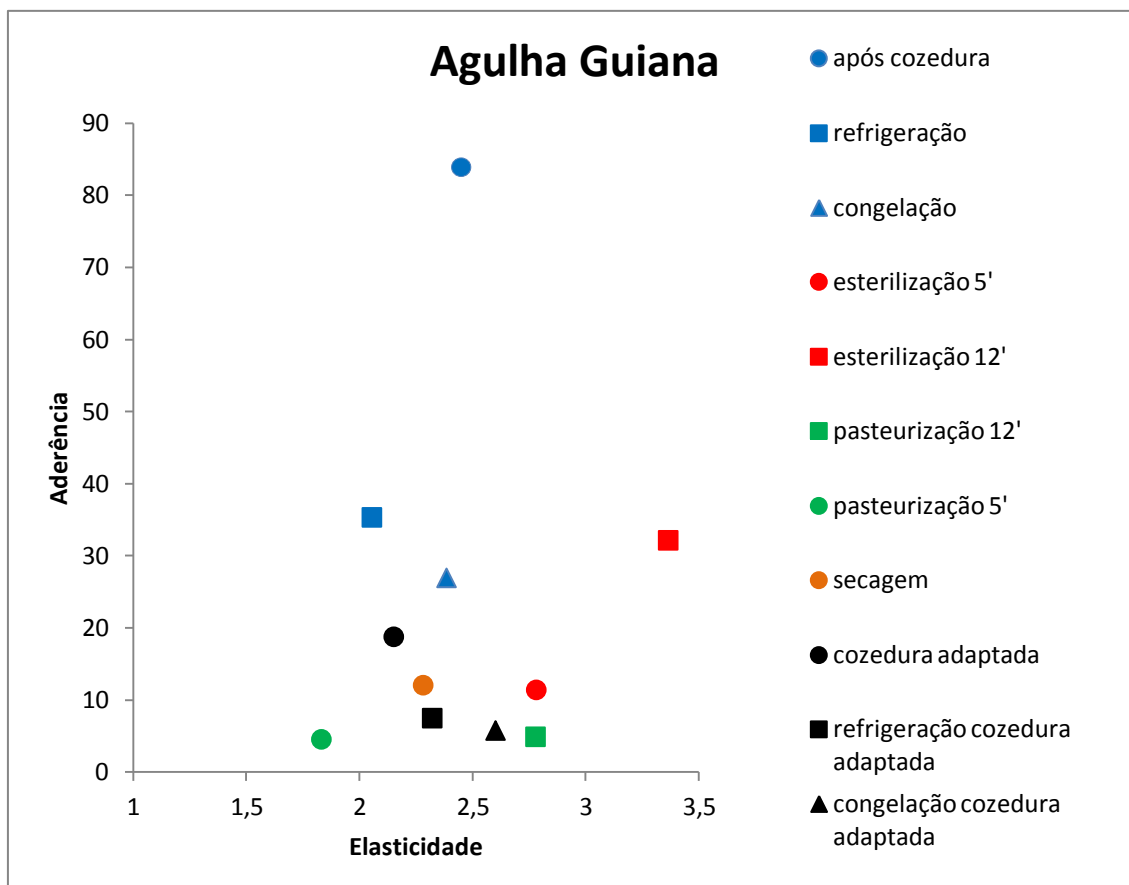


Figura 57 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Guiana.

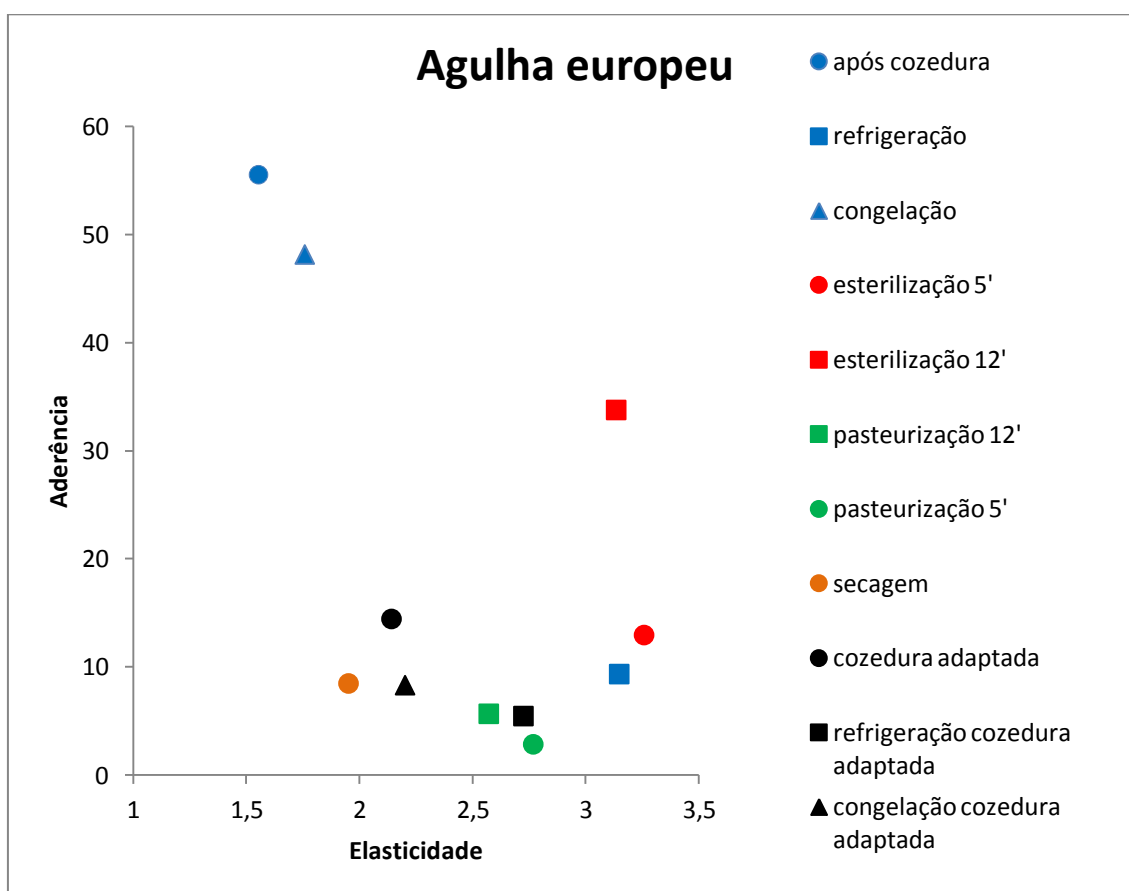


Figura 58 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Europeu.

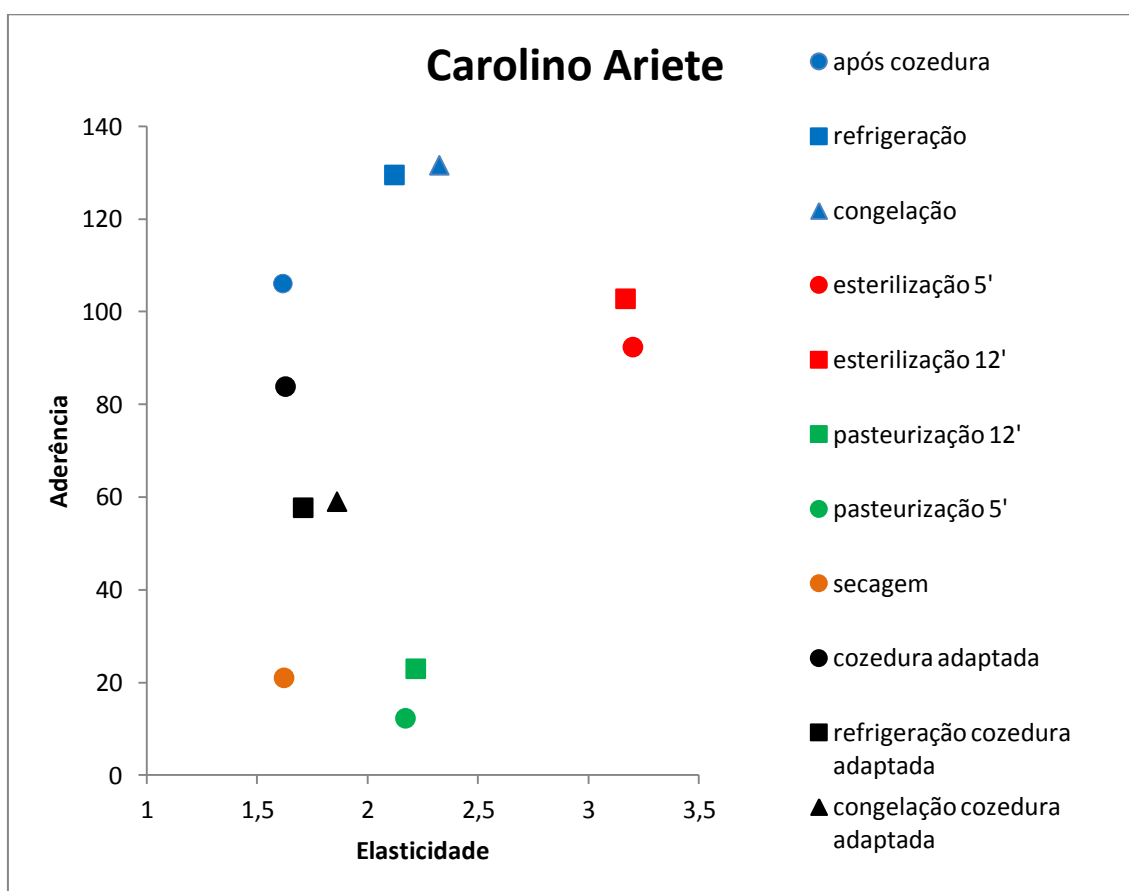


Figura 59 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carolino Ariete.

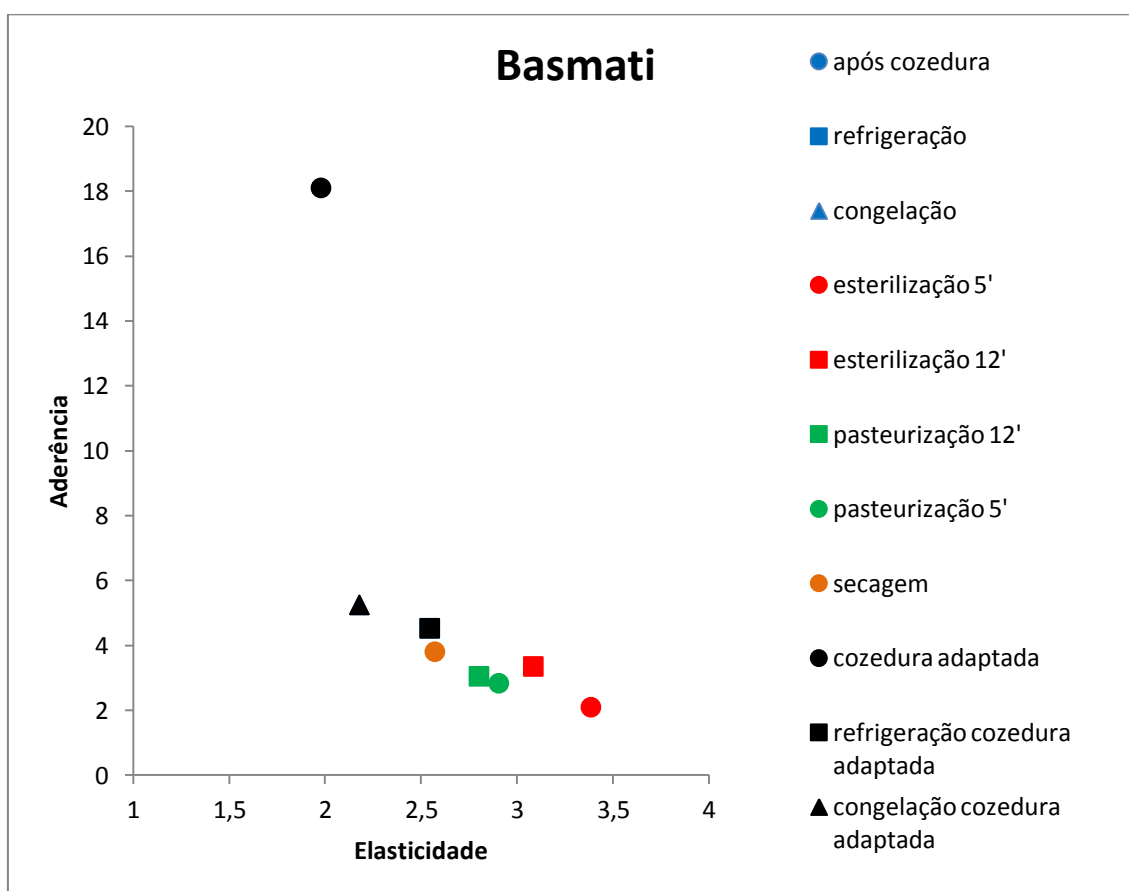


Figura 60 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Basmati.

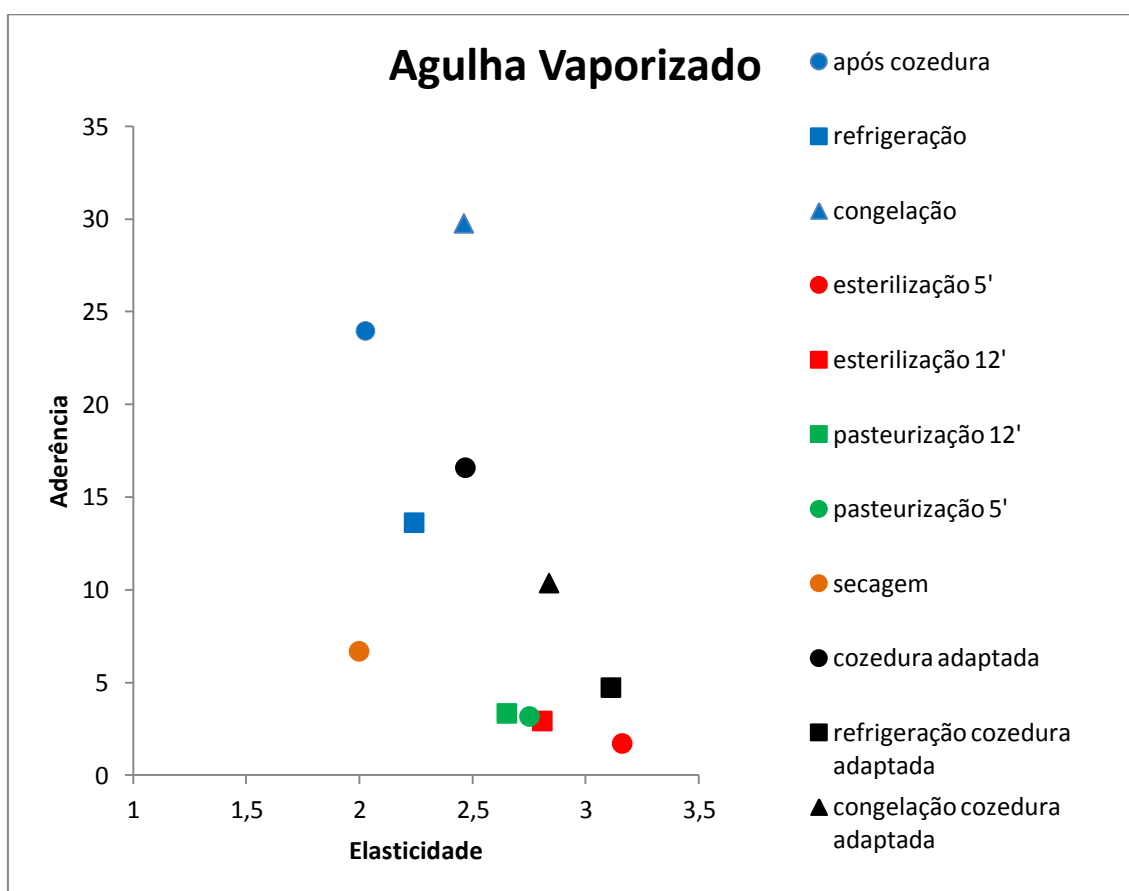


Figura 61 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Vaporizado.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

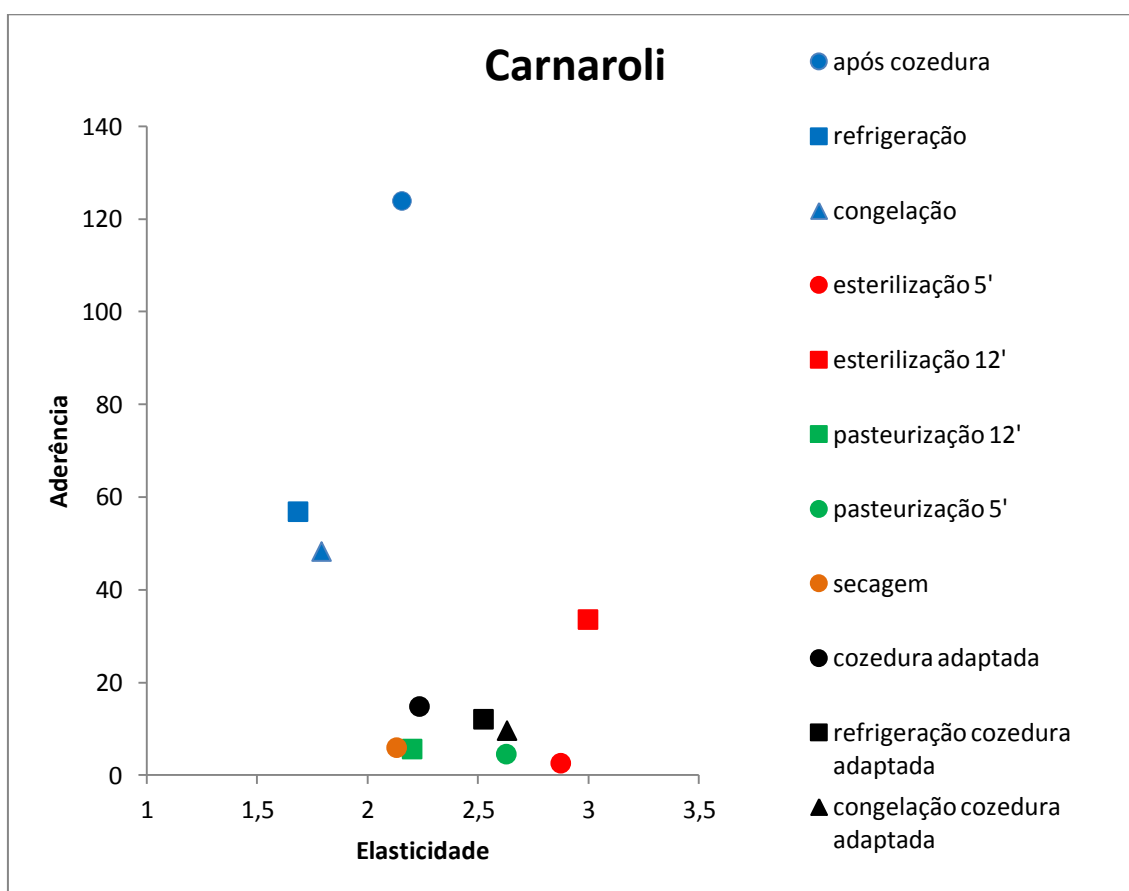


Figura 62 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carnaroli.

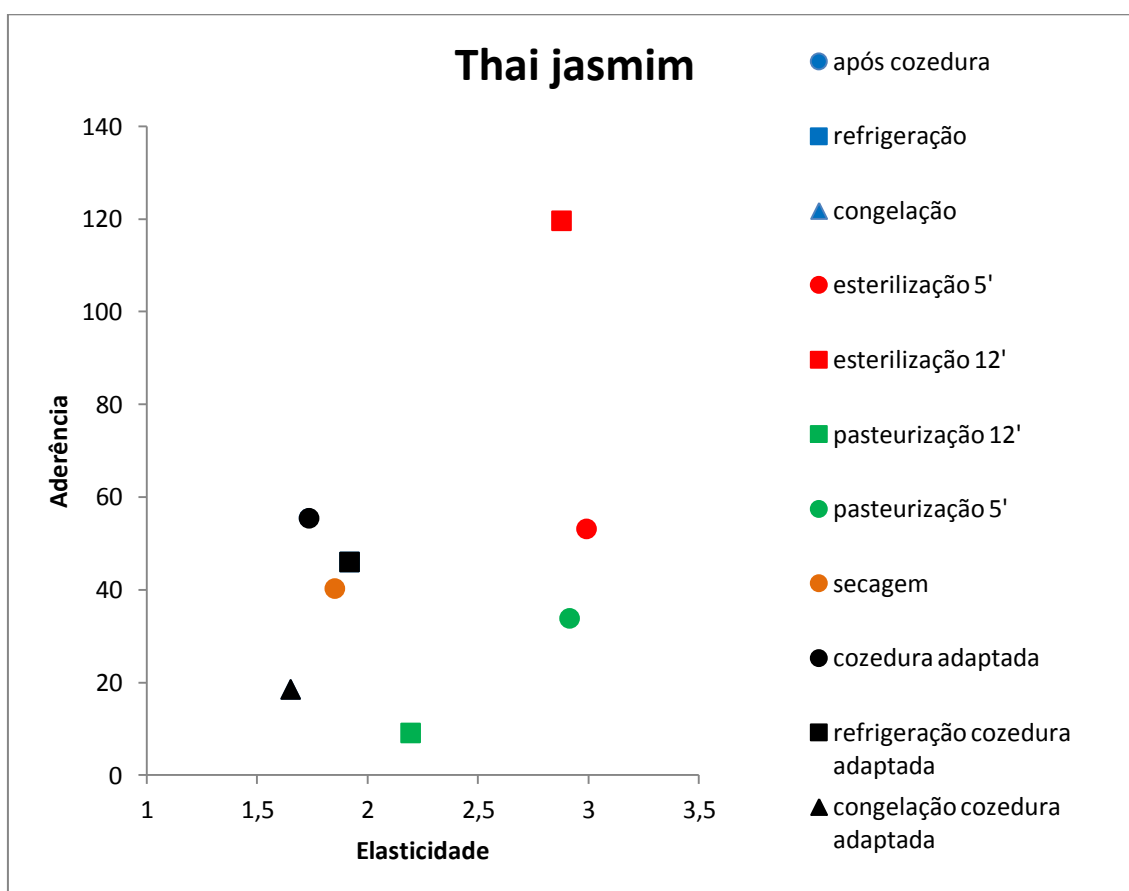


Figura 63 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Thai jasmim.

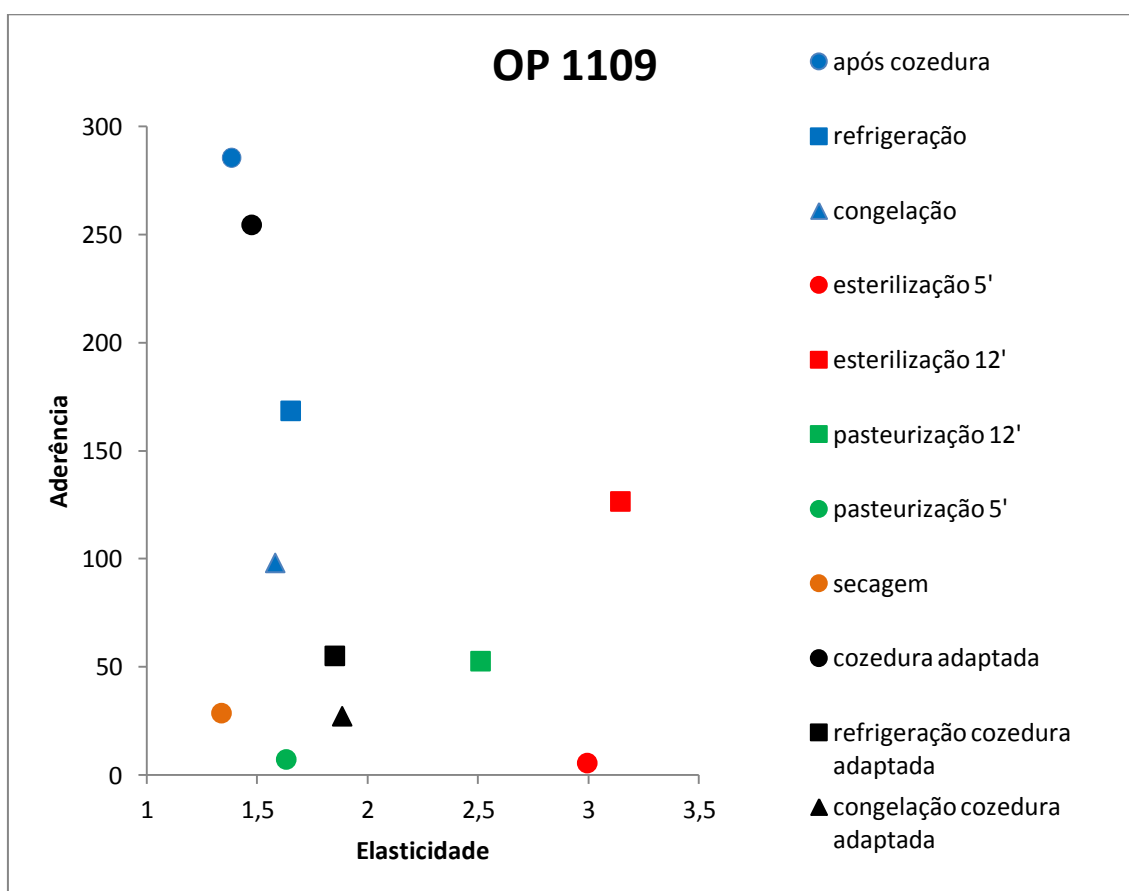


Figura 64 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1109.

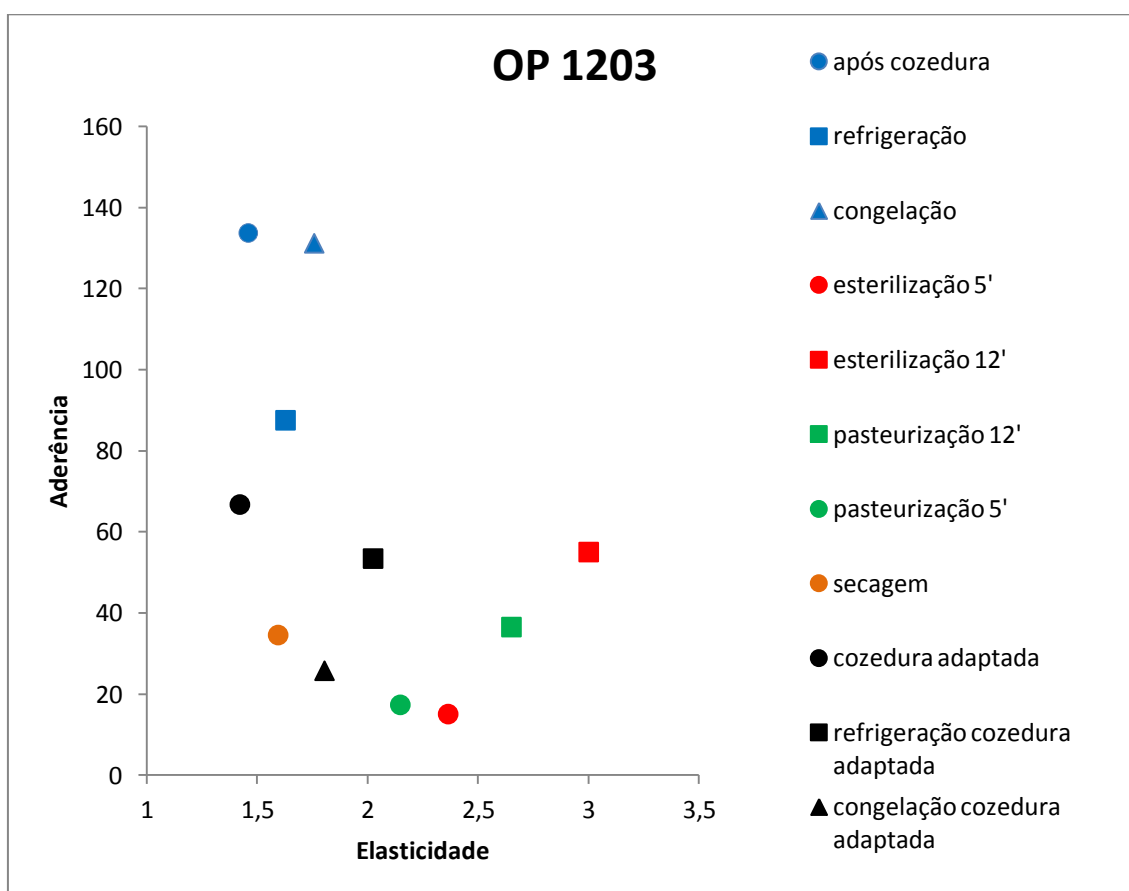


Figura 65 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1203.

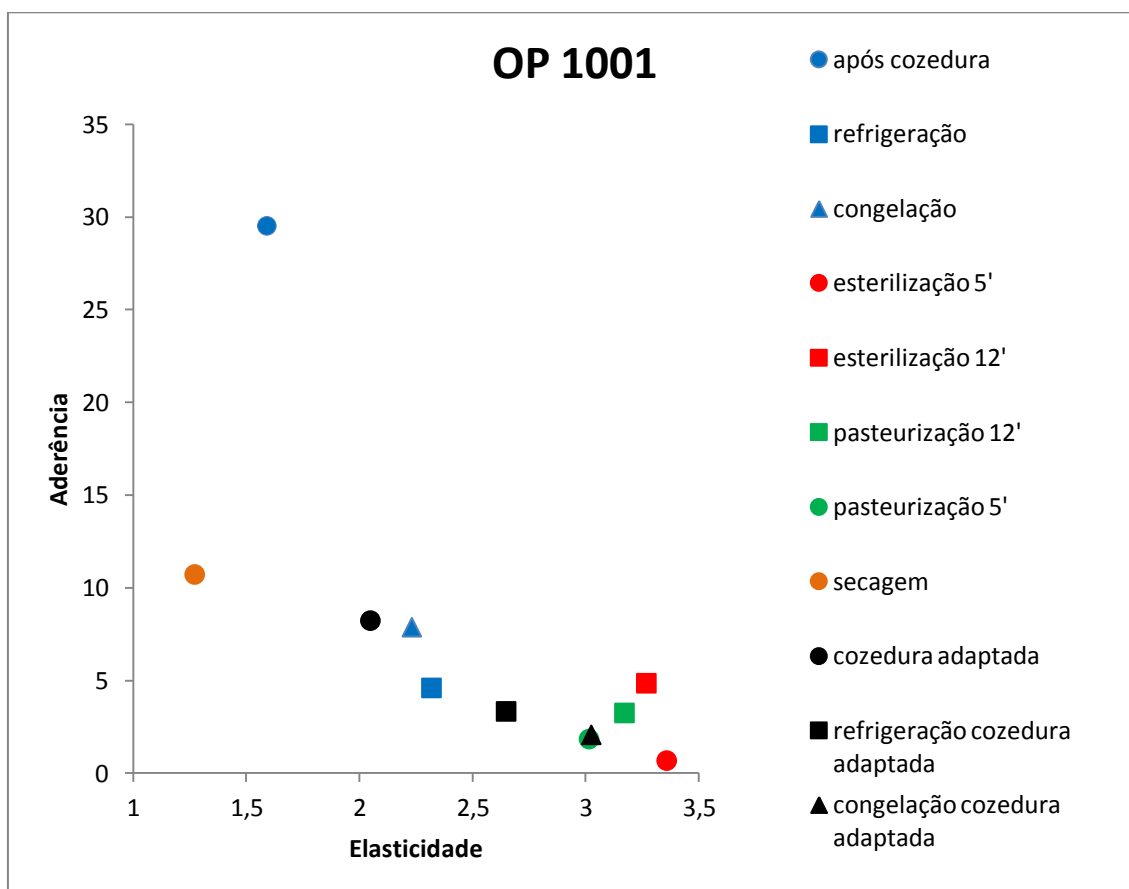


Figura 66 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1001.

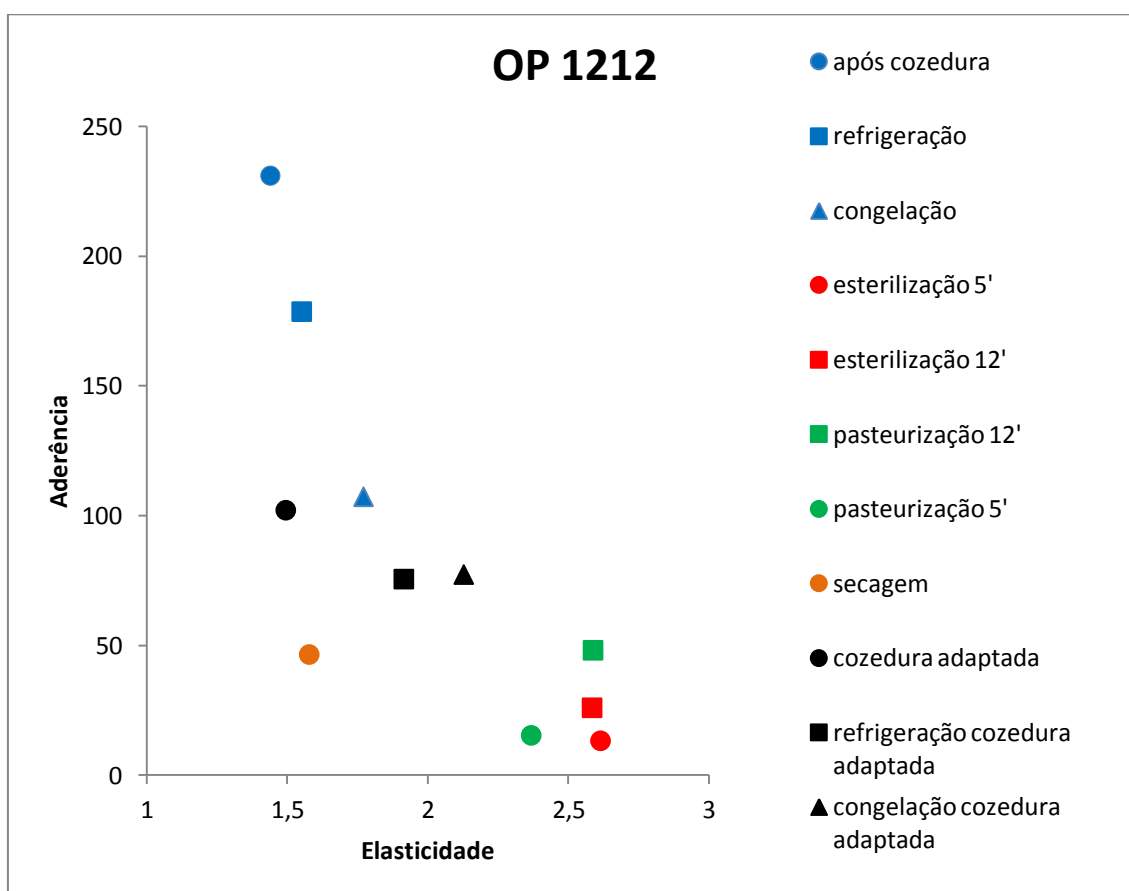


Figura 67 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1212.

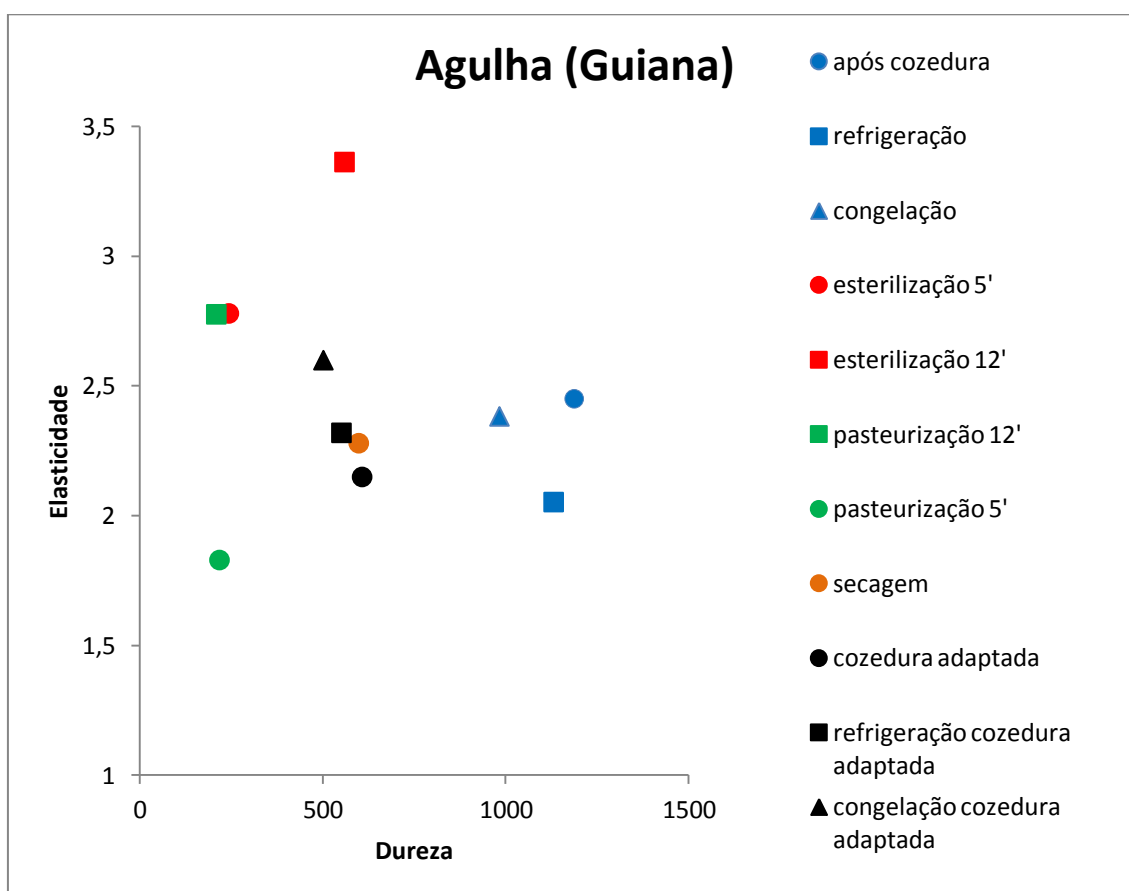


Figura 68 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Guiana.

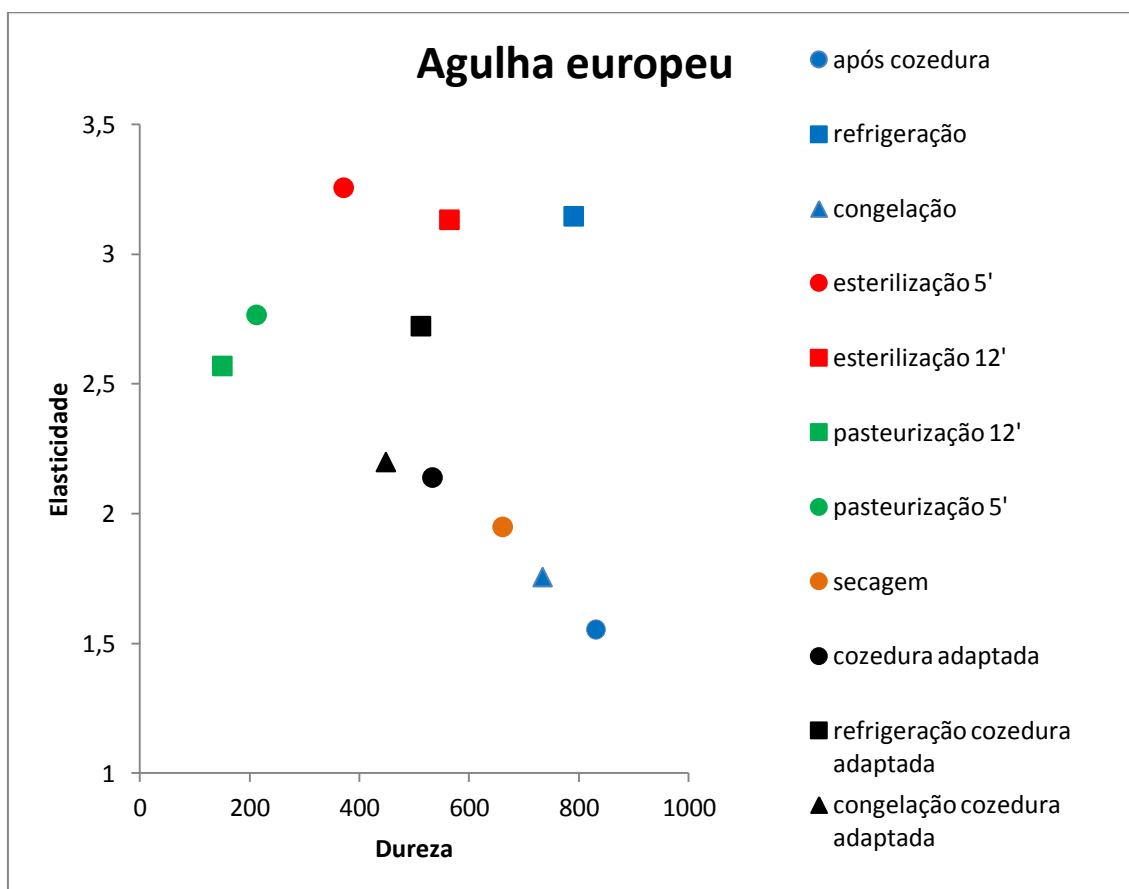


Figura 69 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha Europeu.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

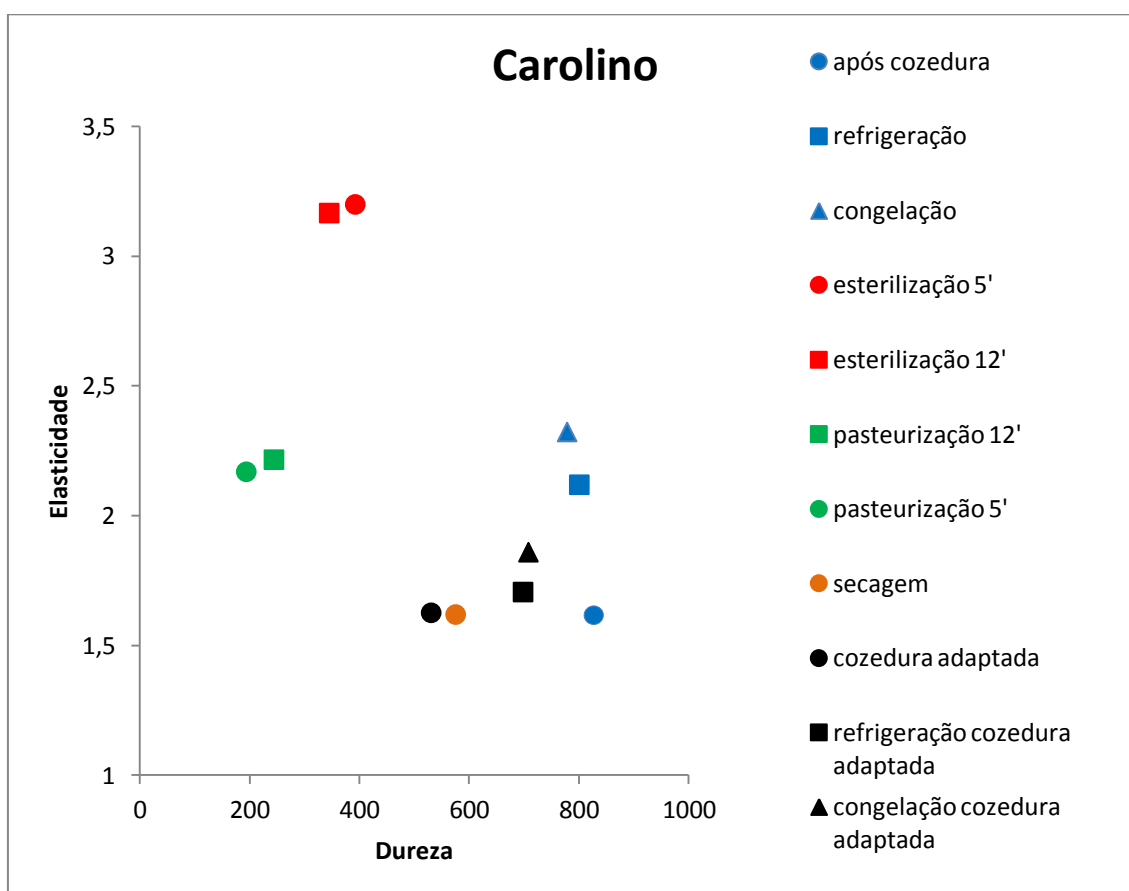


Figura 70 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carolino.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

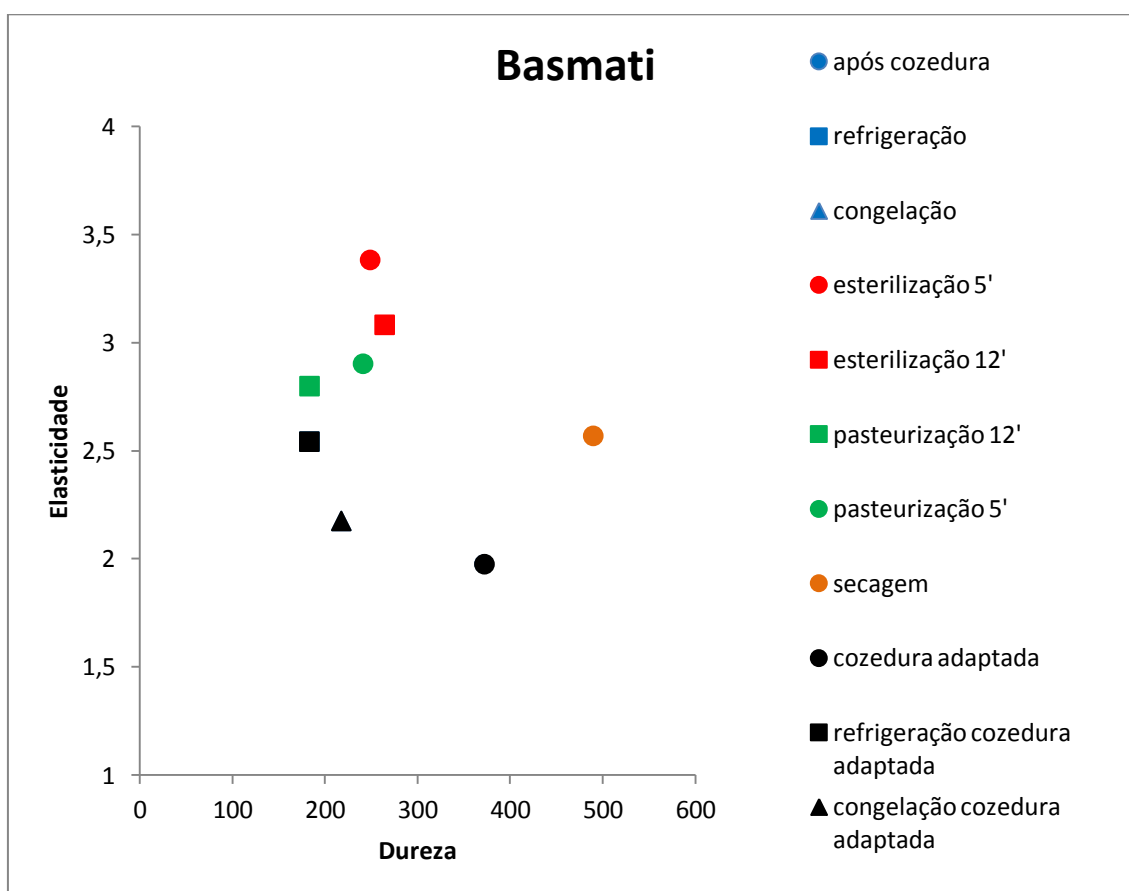


Figura 71 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Basmati.

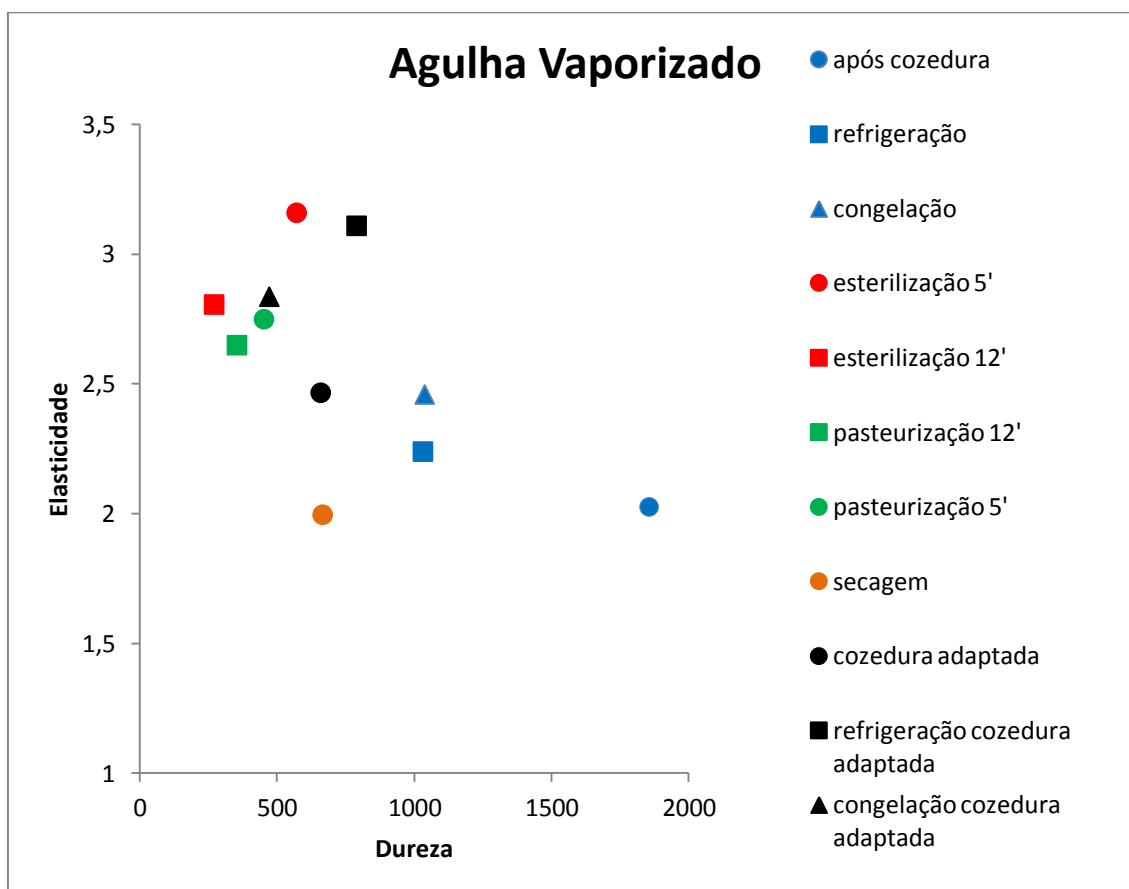


Figura 72 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Agulha vaporizado.

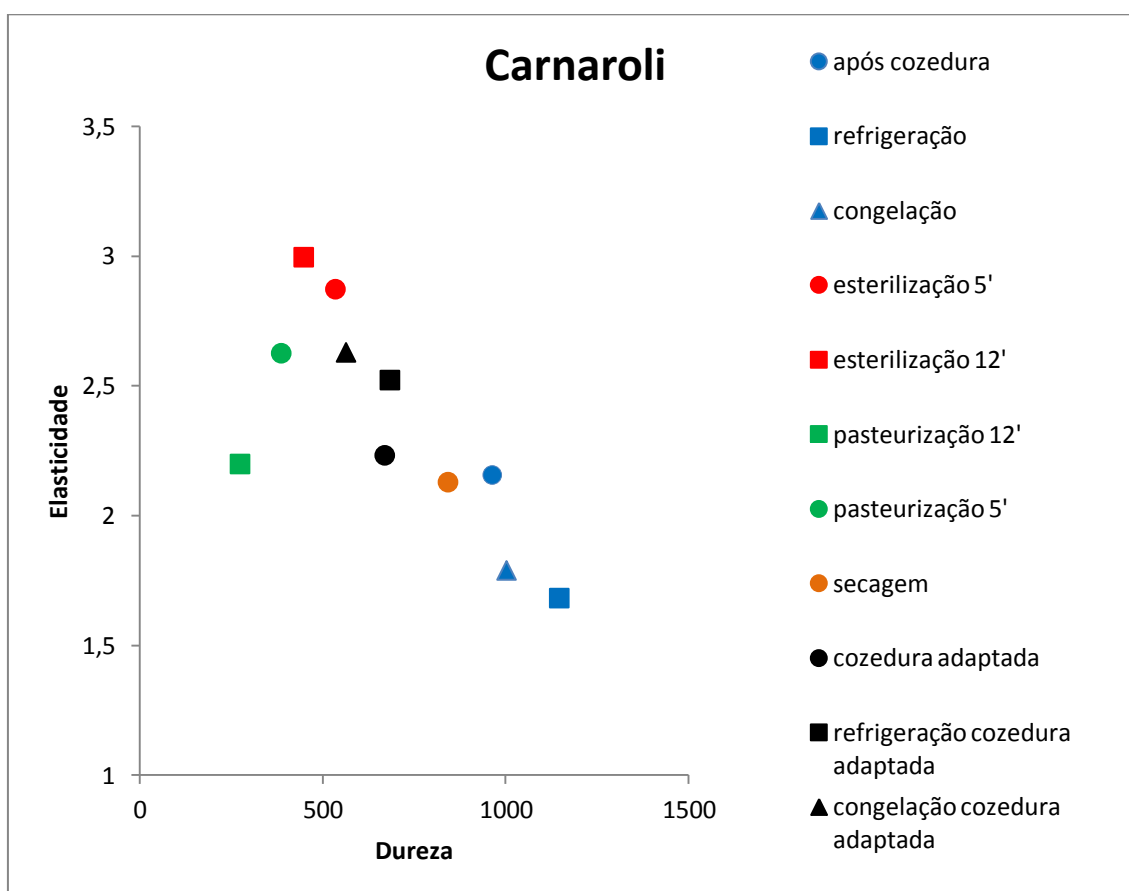


Figura 73 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Carnaroli.

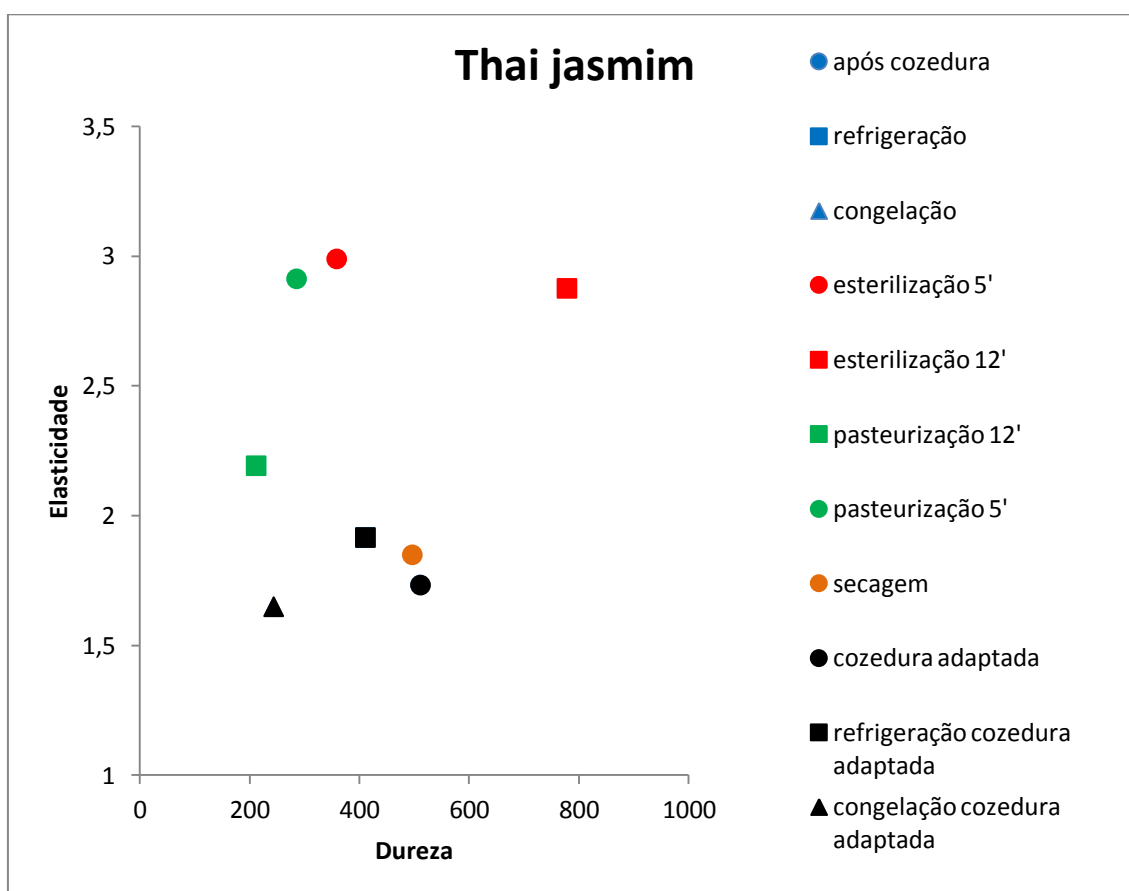


Figura 74 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz Thai jasmim.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

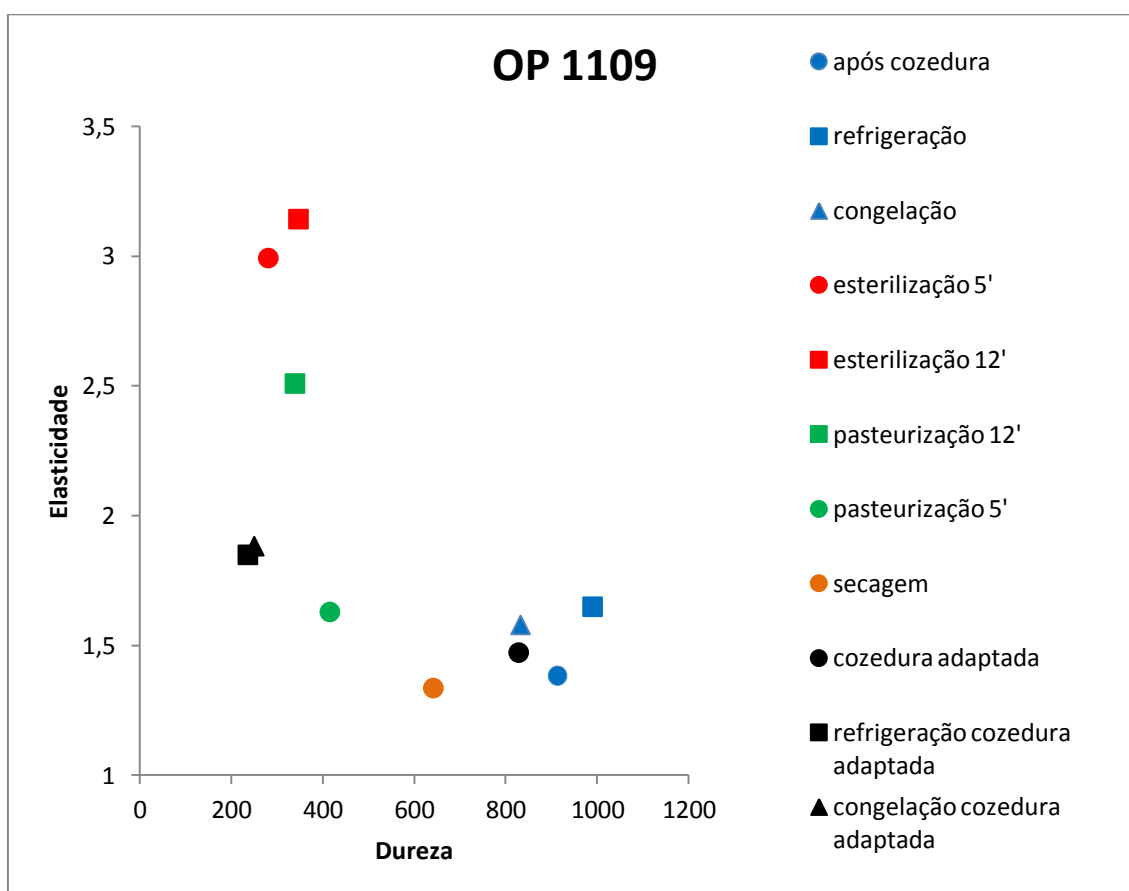


Figura 75 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1109.

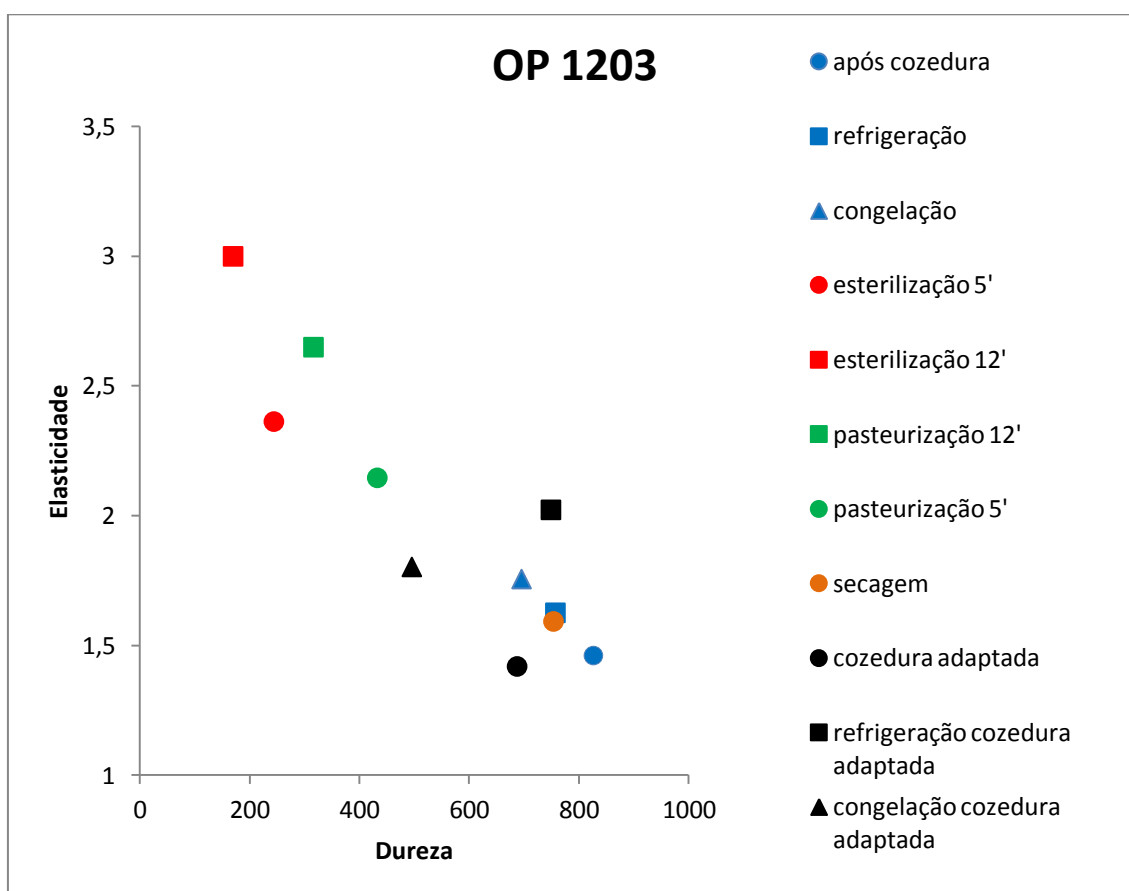


Figura 76 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1203.

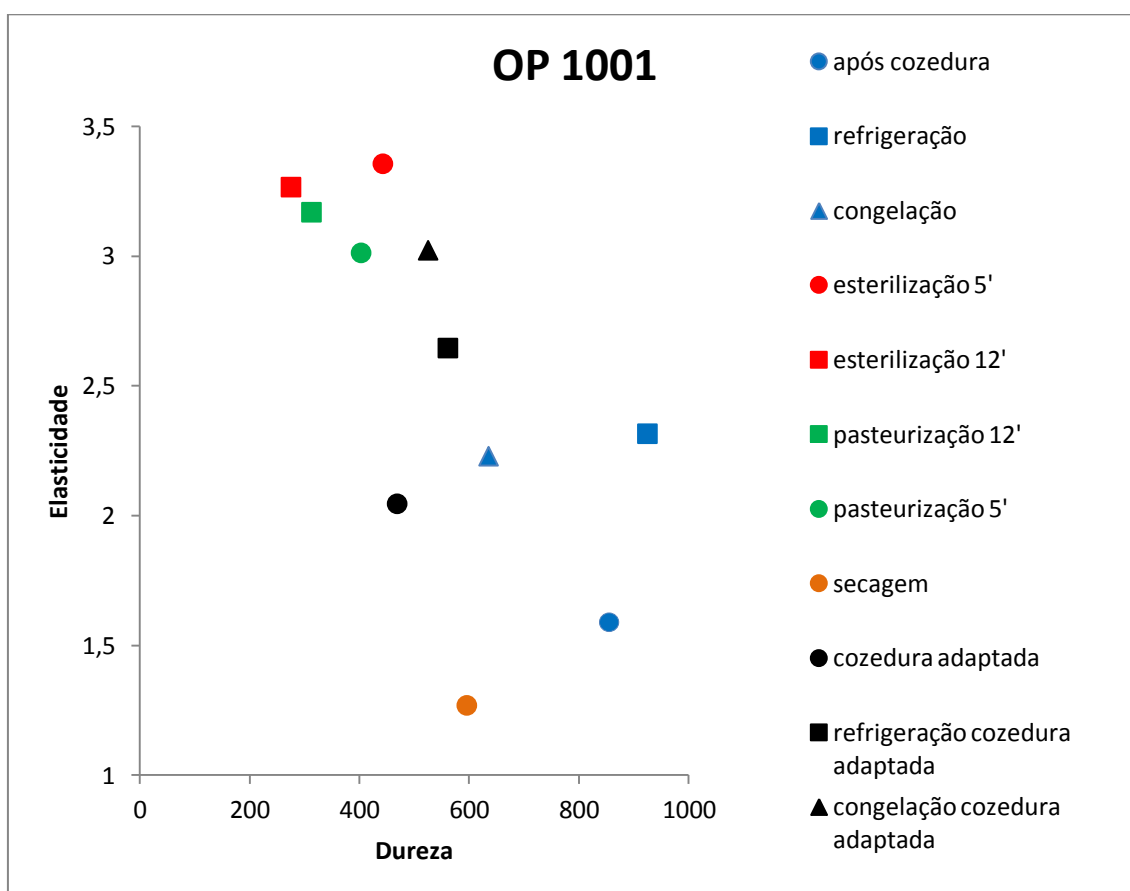


Figura 77 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1001.

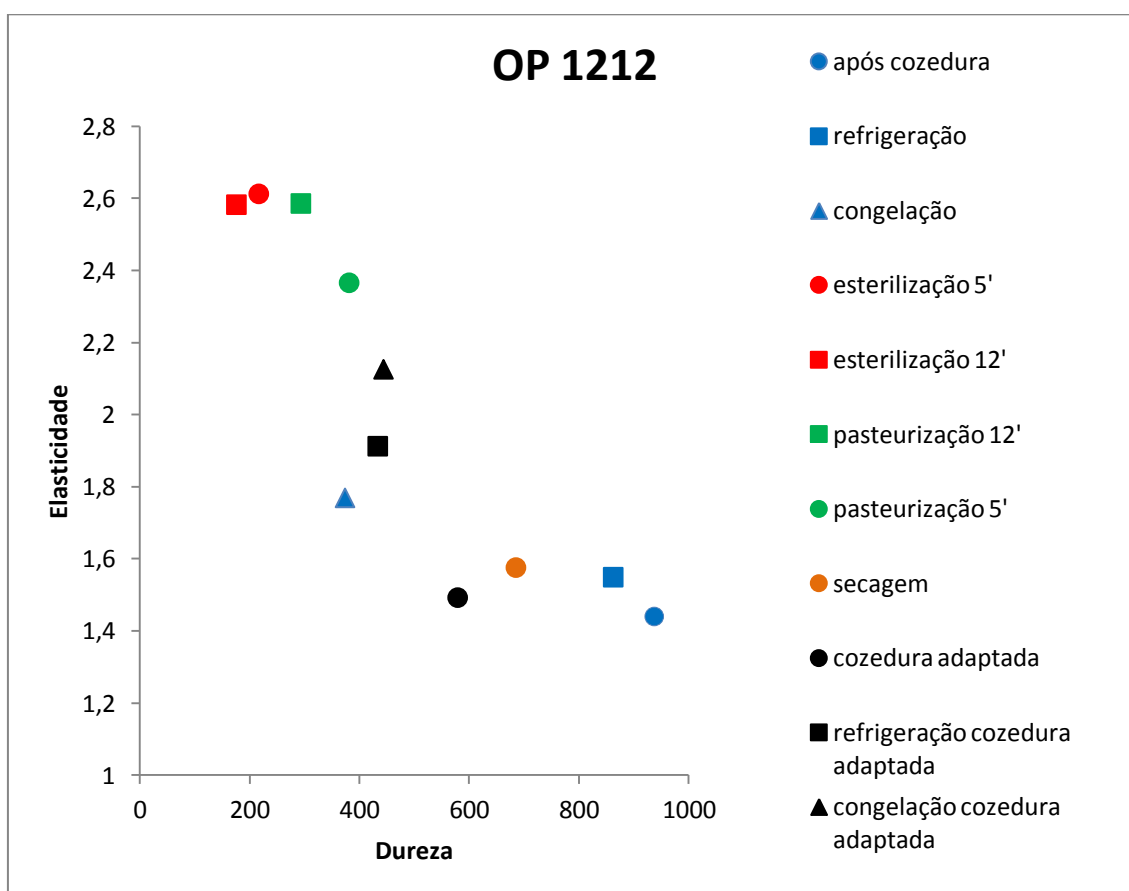


Figura 78 – Diferenças entre os processos de cozedura/conservação para o arroz OP 1212.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

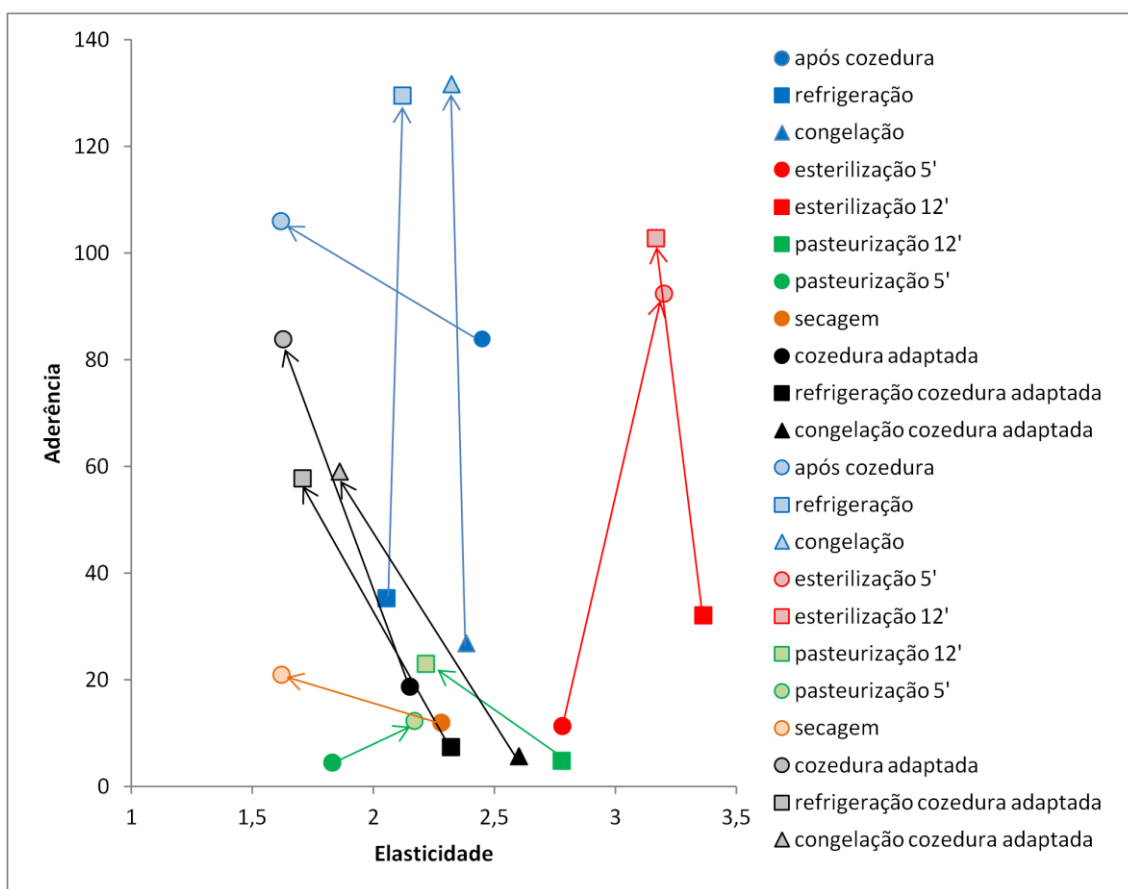


Figura 79 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz agulha (Guiana) e arroz Carolino (Ariete).

Sentido das setas: Agulha (Guiana) para Carolino (Ariete).

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

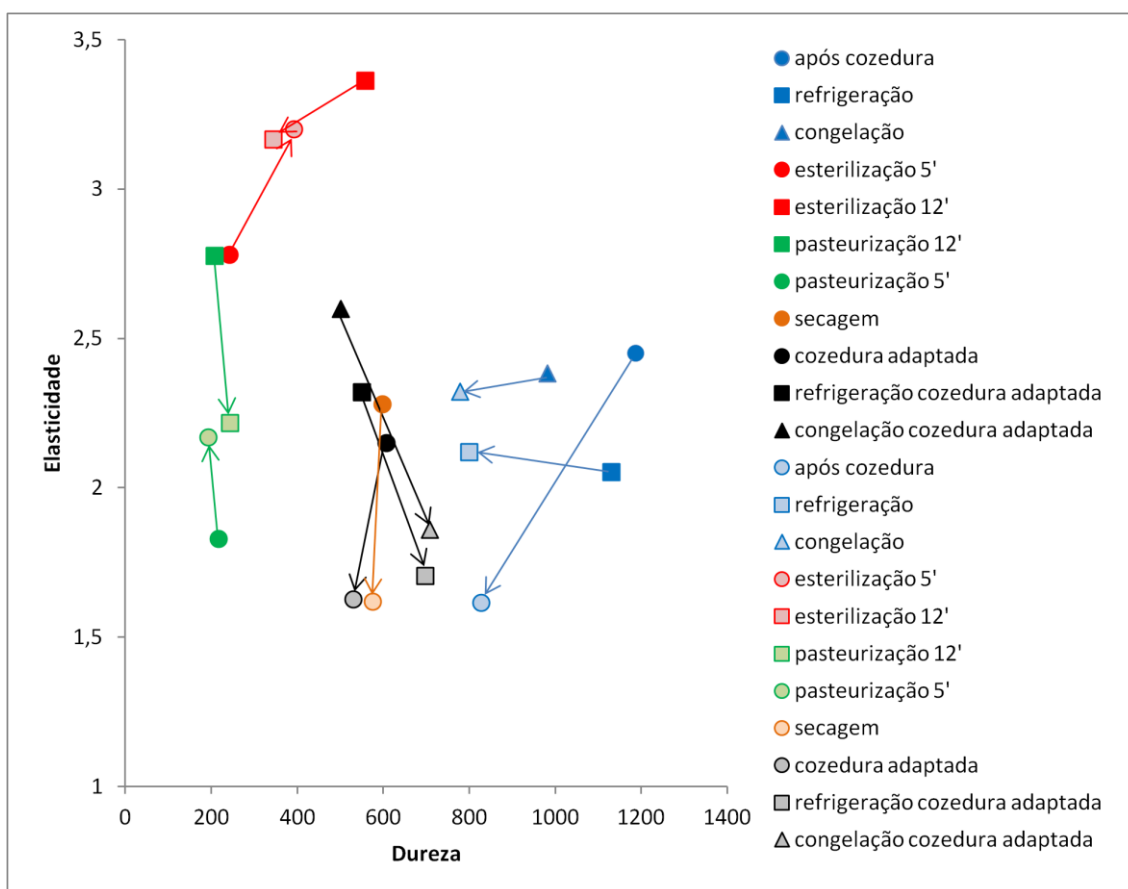


Figura 80 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz agulha (Guiana) e arroz Carolino (Ariete).

Sentido das setas: Agulha (Guiana) para Carolino (Ariete).

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

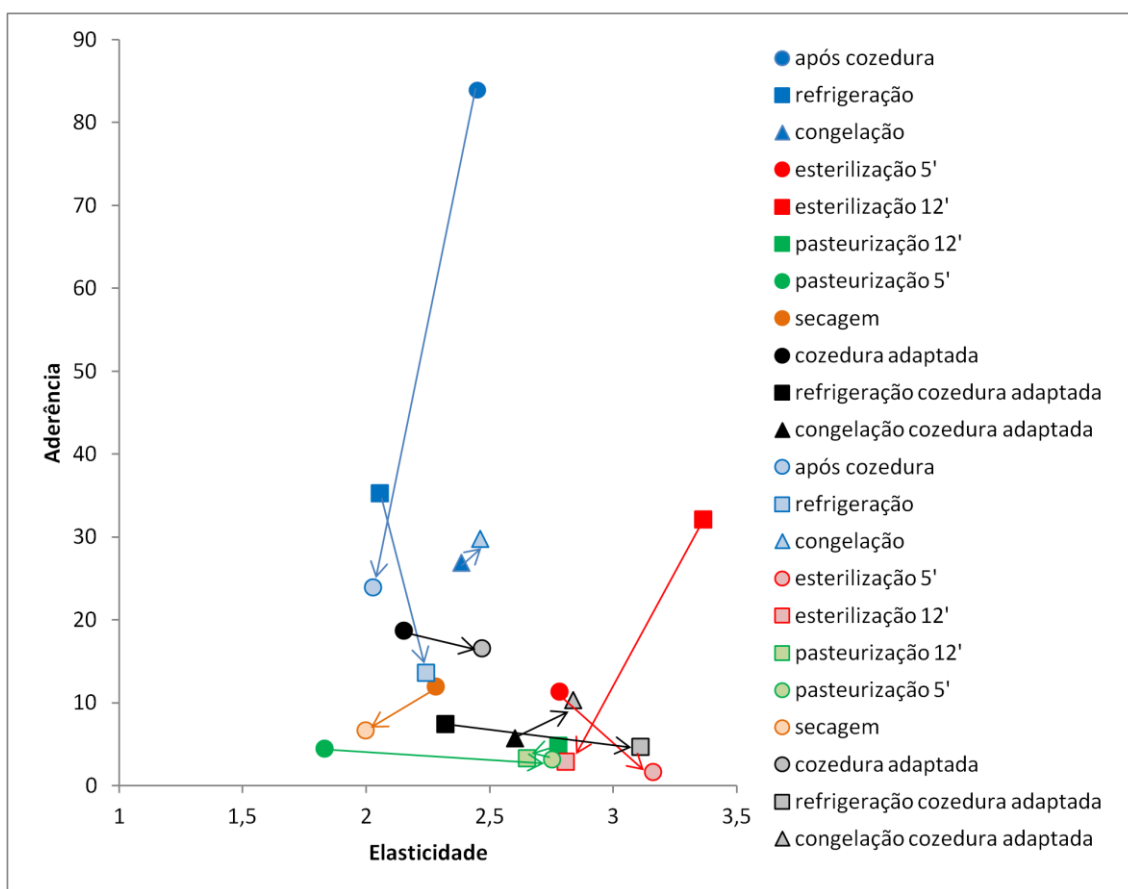


Figura 81 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz agulha (Guiana) e arroz agulha vaporizado.

Sentido das setas: Agulha (Guiana) para Agulha vaporizado.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

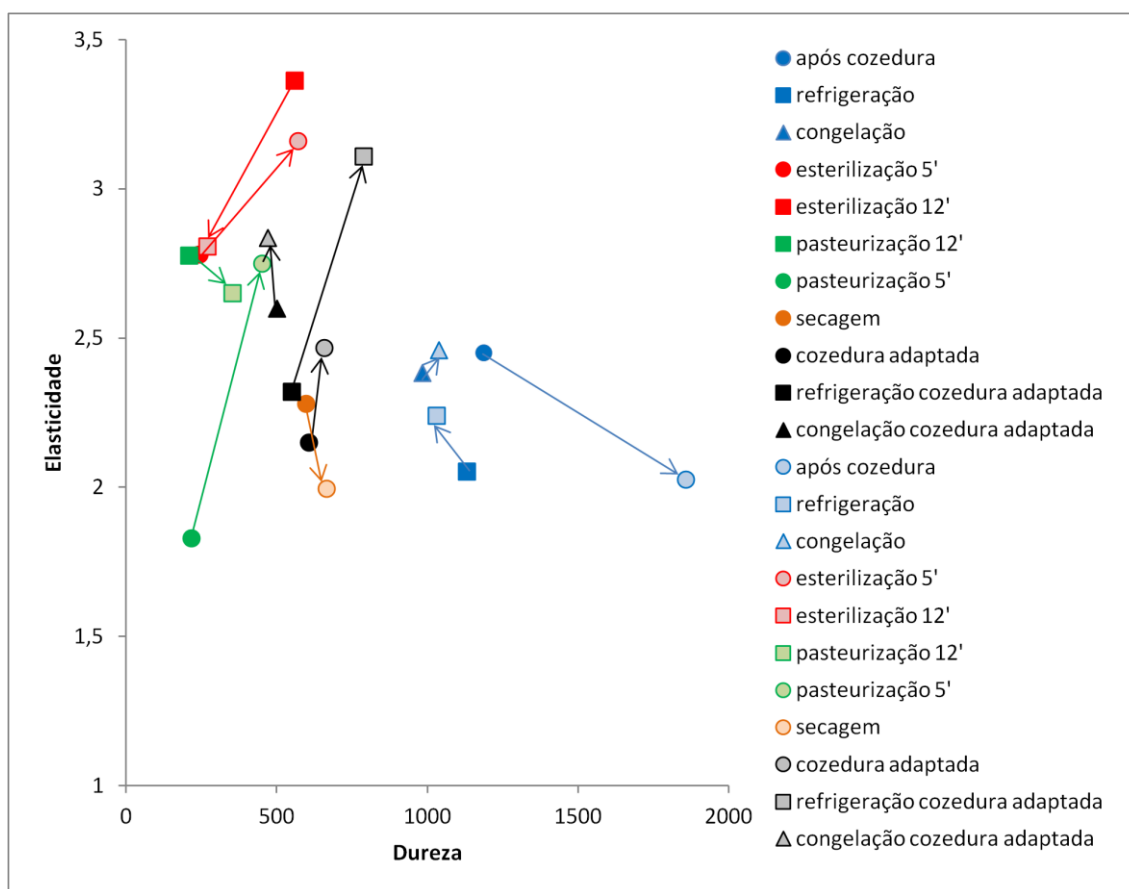


Figura 82 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz agulha (Guiana) e arroz agulha vaporizado.

Sentido das setas: Agulha (Guiana) para Agulha vaporizado.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

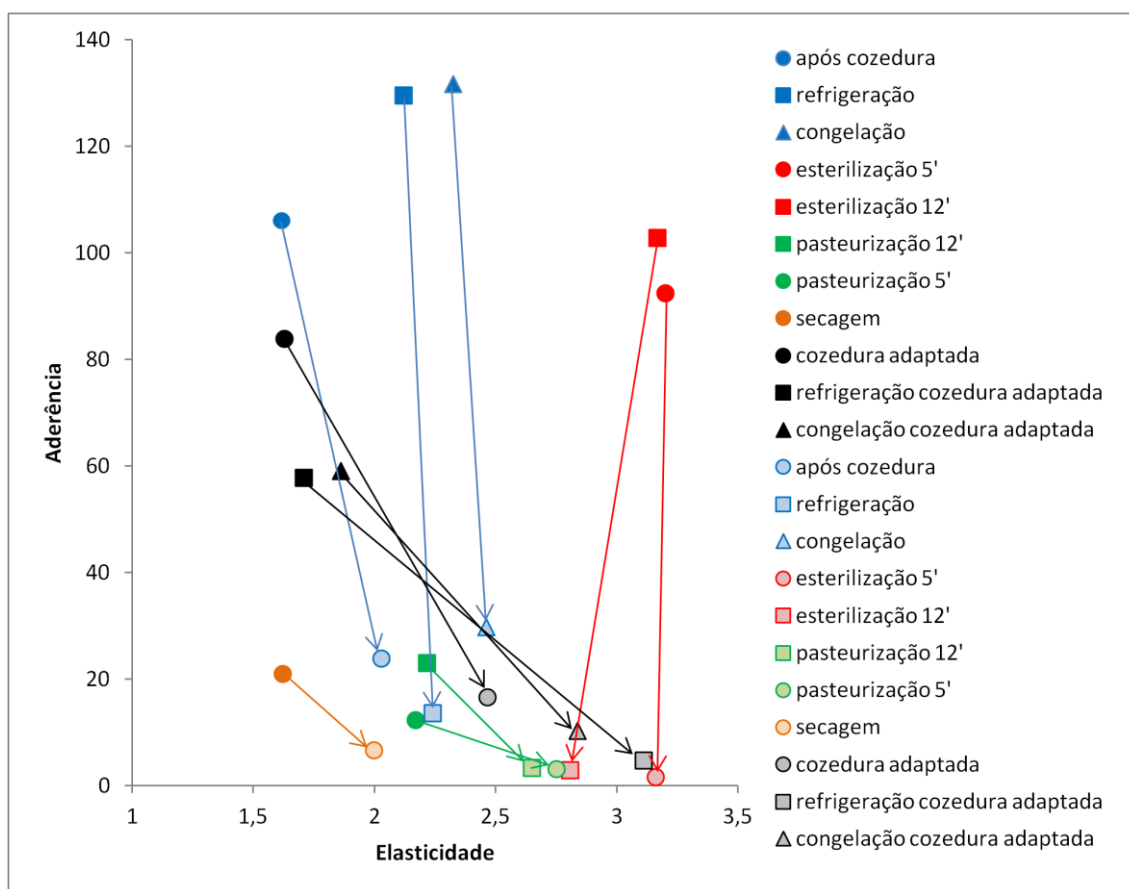


Figura 83 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz Carolino (Ariete) e arroz agulha vaporizado.

Sentido das setas: Carolino (Ariete) para Agulha vaporizado.

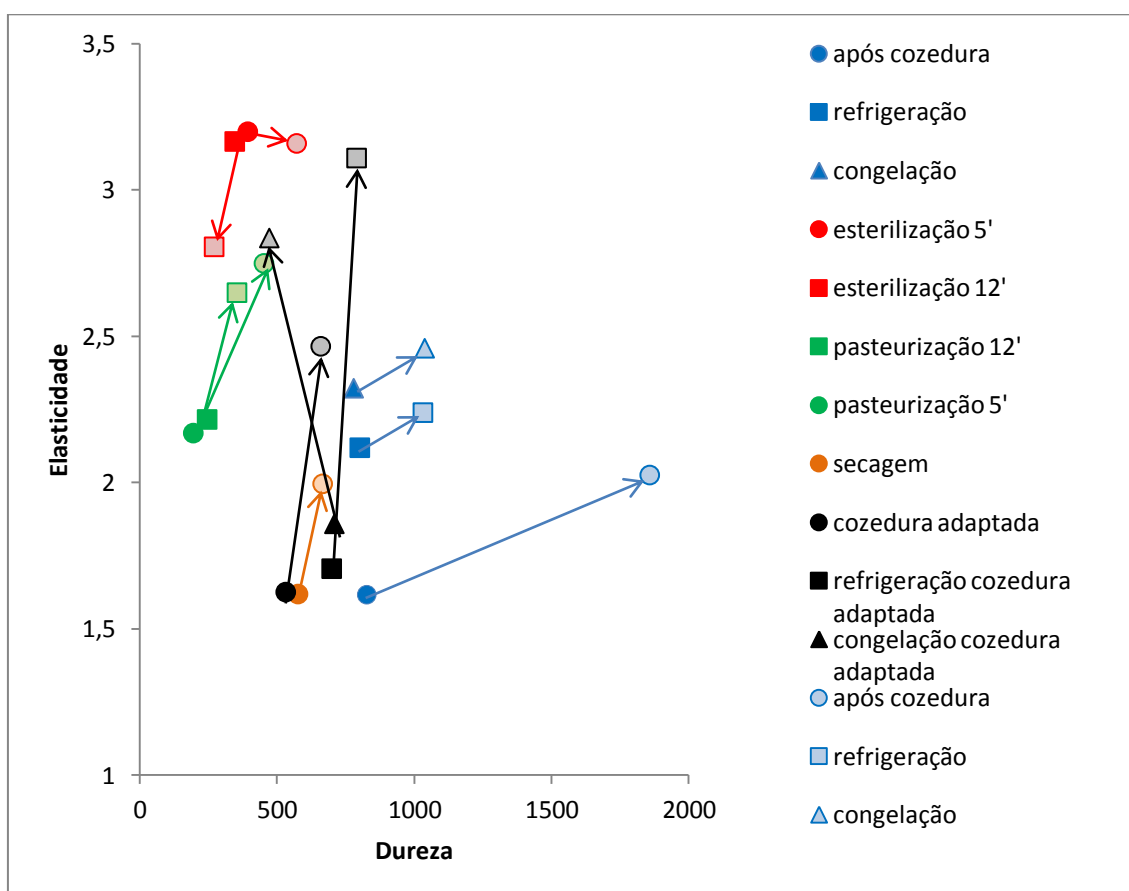


Figura 84 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz Carolino (Ariete) e arroz agulha vaporizado.

Sentido das setas: Carolino (Ariete) para Agulha vaporizado.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

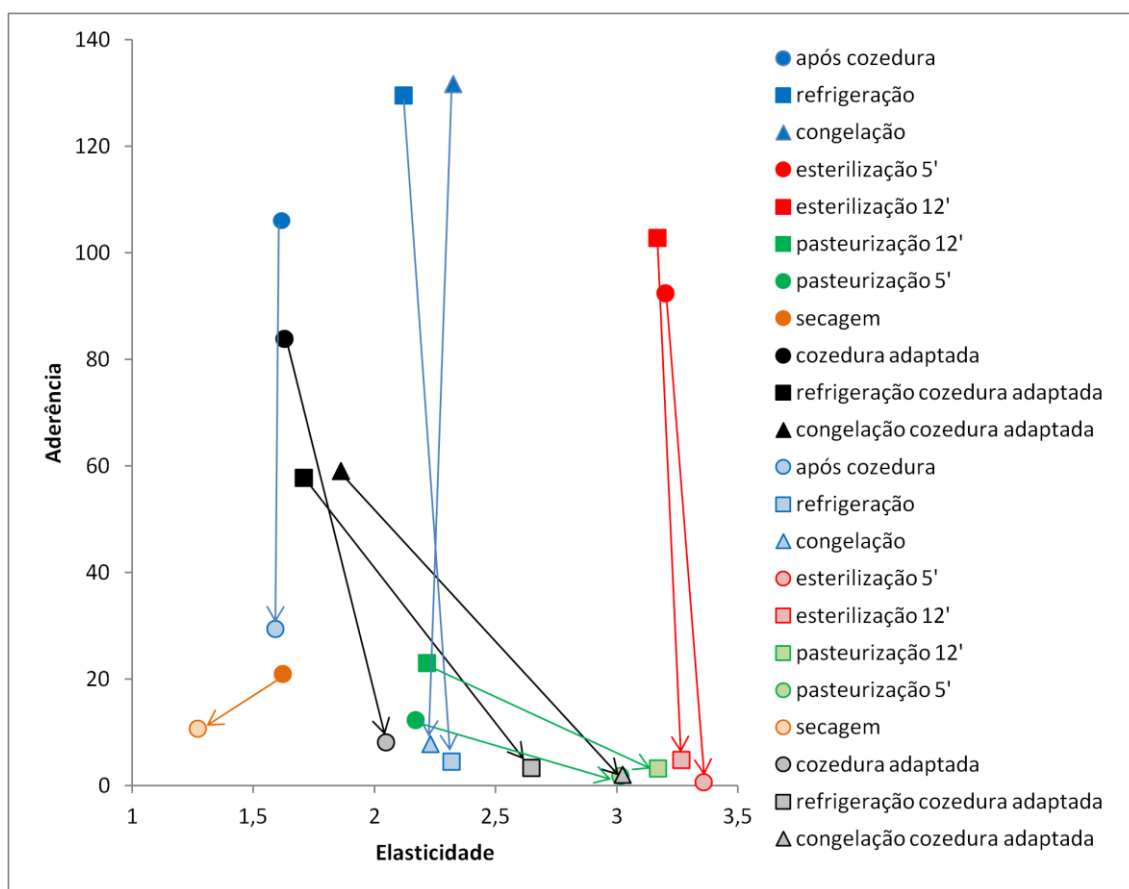


Figura 85 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz Carolino (Ariete) e arroz OP 1001.

Sentido das setas: Carolino (Ariete) para OP 1001.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

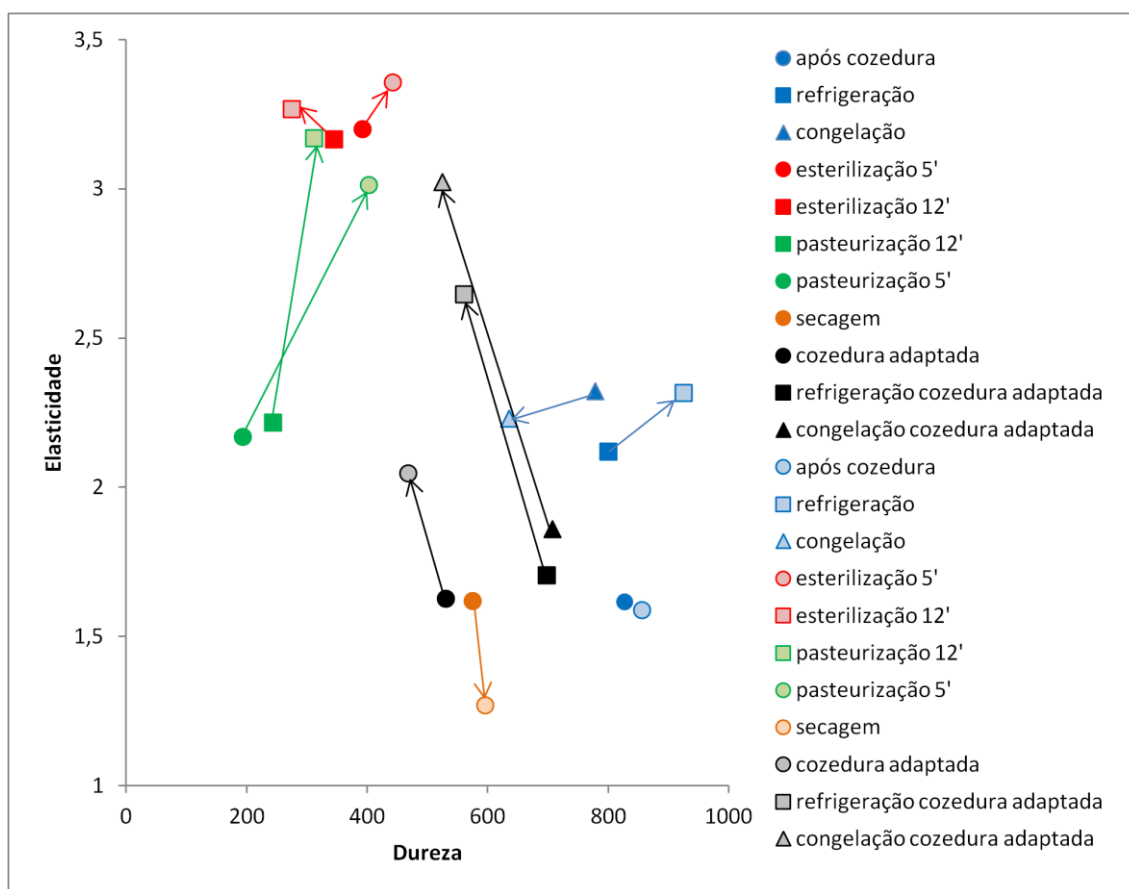


Figura 86 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz Carolino (Ariete) e arroz OP 1001.

Sentido das setas: Carolino (Ariete) para OP 1001.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

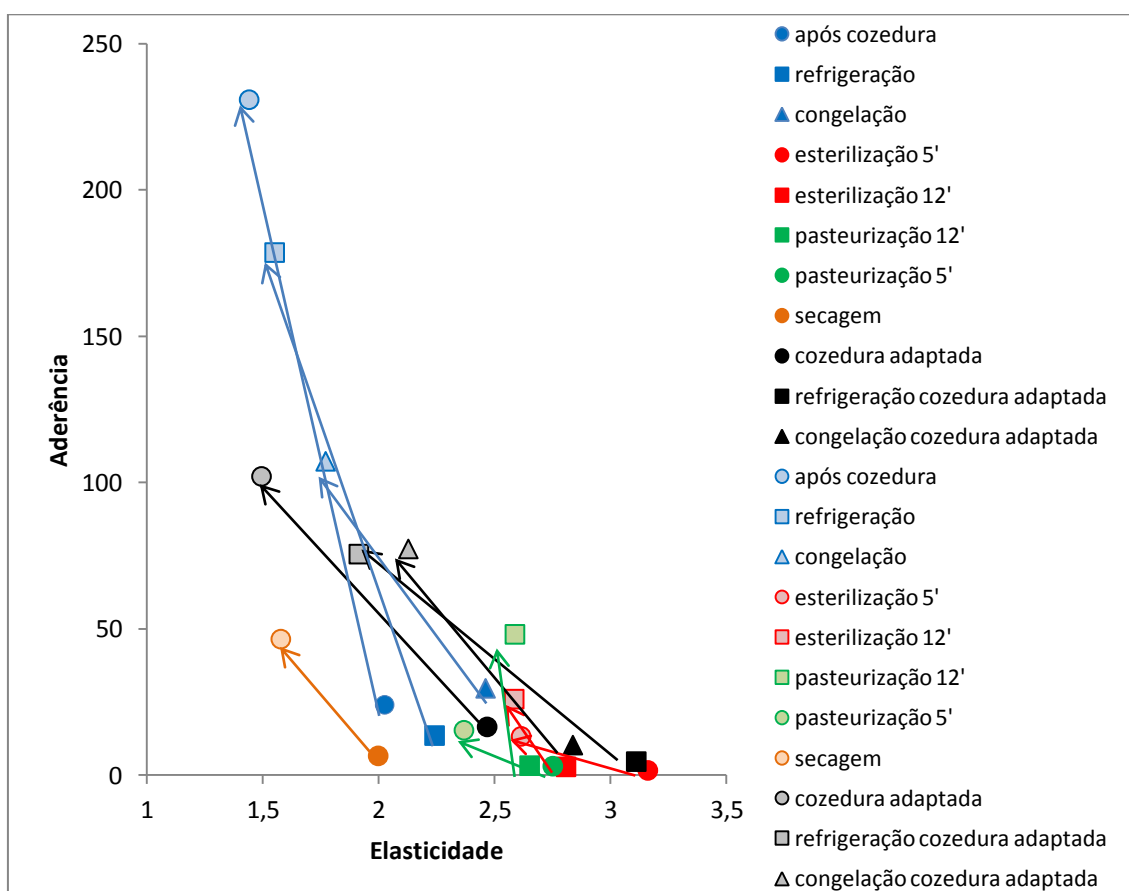


Figura 87 – Comparação da aderência e da elasticidade entre arroz agulha vaporizado e arroz OP 1212.

Sentido das setas: Agulha vaporizado para OP 1212.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

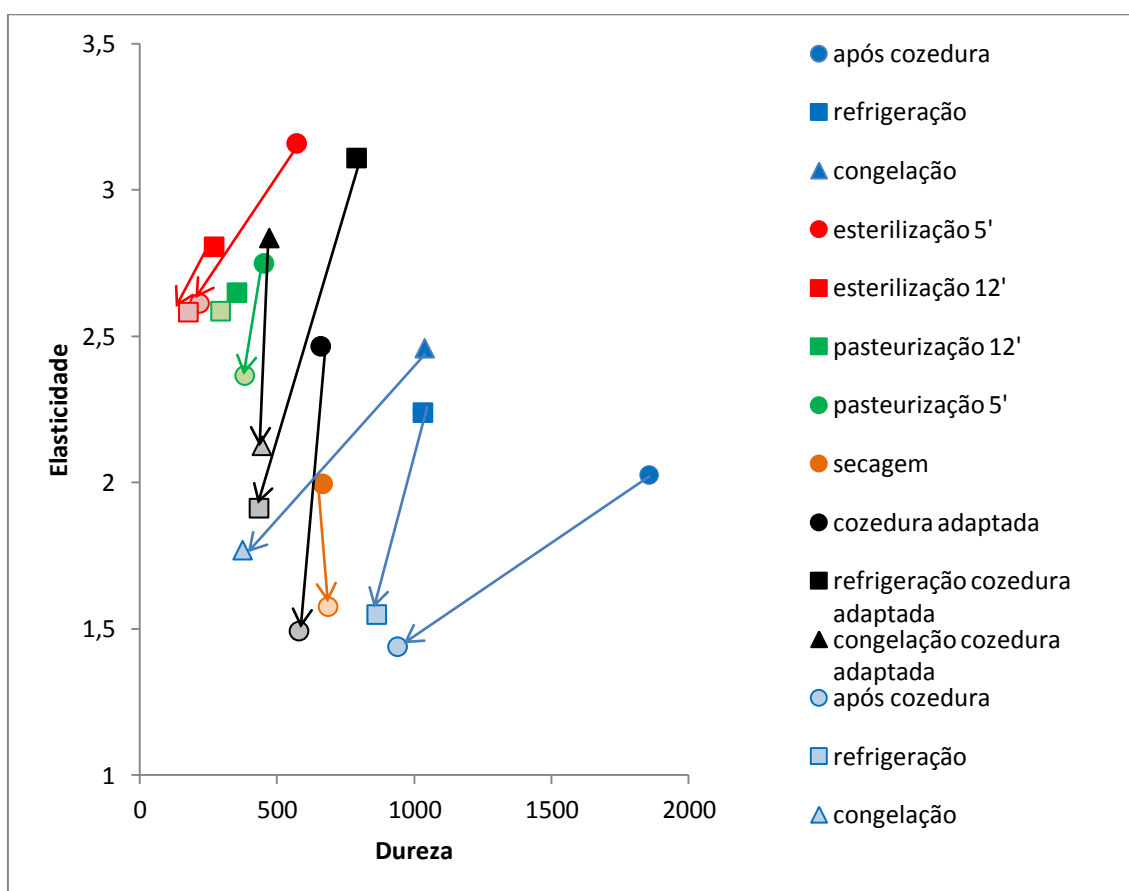


Figura 88 – Comparação da elasticidade e da dureza entre arroz agulha vaporizado e arroz OP 1212.

Sentido das setas: Agulha vaporizado para OP 1212.

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Anexo VIII – Análise dos resultados referentes à análise sensorial.

Tabela 50 – Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente à coesividade.

(I) Variedade	(J) Variedade	Média amostral (I-J)	P	IC(95%)	
				LI	LS
Agulha (Guiana)	Carolino	1,091	,003	,24	1,95
	Agulha vaporizado	-1,000	,000	-1,52	-,48
	OP 1109	1,636	,000	,99	2,28
	OP 1203	1,545	,000	,79	2,30
	OP 1212	1,818	,000	1,17	2,46
Agulha (Europeu)	Basmati	-,818	,001	-1,41	-,23
	Agulha vaporizado	-1,273	,000	-1,81	-,74
	OP 1109	1,364	,000	,71	2,02
	OP 1203	1,273	,000	,51	2,04
	OP 1212	1,545	,000	,89	2,20
Carolino	Basmati	-1,636	,000	-2,46	-,82
	Agulha vaporizado	-2,091	,000	-2,88	-1,30
Basmati	Agulha vaporizado	-,455	,046	-,90	,00
	Carnaroli	1,182	,001	,35	2,01
	OP 1109	2,182	,000	1,59	2,78
	OP 1203	2,091	,000	1,38	2,80
	OP 1001	1,000	,000	,32	1,68
	OP 1212	2,364	,000	1,77	2,96
Agulha vaporizado	Carnaroli	1,636	,000	,84	2,43
	Thai jasmim	1,182	,000	,44	1,93
	OP 1109	2,636	,000	2,09	3,18
	OP 1203	2,545	,000	1,87	3,22
	OP 1001	1,455	,000	,82	2,09
	OP 1212	2,818	,000	2,28	3,36
Carnaroli	OP 1109	1,000	,013	,13	1,87
	OP 1212	1,182	,001	,31	2,06

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Thai jasmim	OP 1109	1,455	,000	,62	2,29
	OP 1203	1,364	,000	,45	2,28
	OP 1212	1,636	,000	,80	2,47
OP 1109	OP 1001	-1,182	,000	-1,92	-,45
OP 1203	OP 1001	-1,091	,002	-1,92	-,26
OP 1001	OP 1212	1,364	,000	,63	2,10

Tabela 51 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente à dureza ao trincar.

(I) Variedade	(J) Variedade	Média amostral (I-J)	p	IC(95%)	
				LI	LS
Agulha (Guiana)	Basmati	-1,000	,003	-1,77	-,23
	Thai jasmim	-1,545	,000	-2,47	-,62
	OP 1212	-1,455	,000	-2,38	-,53
Basmati	Agulha vaporizado	1,091	,001	,30	1,88
Agulha vaporizado	Thai jasmim	-1,636	,000	-2,57	-,70
	OP 1212	-1,545	,000	-2,48	-,61
Carnaroli	Thai jasmim	-1,000	,017	-1,90	-,10
	OP 1212	-,909	,045	-1,81	-,01
Thai jasmim	OP 1109	1,273	,037	,04	2,50
	OP 1203	1,455	,006	,27	2,64
OP 1203	OP 1212	-1,364	,012	-2,55	-,18

Tabela 52 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente ao comportamento ao mastigar.

(I) Variedade	(J) Variedade	Média amostral (I-J)	p	IC(95%)	
				LI	LS
Agulha (Guiana)	Carolino	-1,545	,005	-2,81	-,28
	Basmati	-1,364	,001	-2,35	-,38
	Thai jasmim	-1,273	,031	-2,48	-,06
	OP 1212	-1,545	,004	-2,78	-,31
Carolino	Agulha vaporizado	1,364	,031	,07	2,66
	OP 1203	1,818	,004	,36	3,28
Basmati	Agulha vaporizado	1,182	,013	,15	2,21
	OP 1203	1,636	,003	,40	2,87
Agulha vaporizado	OP 1212	-1,364	,026	-2,64	-,09
Thai jasmim	OP 1203	1,545	,022	,13	2,96
OP 1203	OP 1212	-1,818	,004	-3,26	-,38

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 53 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente ao alongamento dos grãos.

(I) Variedade	(J) Variedade	Média amostral (I-J)	p	IC(95%)	
				LI	LS
Agulha (Guiana)	Agulha (Europeu)	,818	,000	,47	1,17
	OP 1109	,455	,001	,15	,76
	OP 1001	,455	,001	,15	,76
	OP 1212	,273	,050	,00	,55
Agulha (Europeu)	Carolino	-,636	,000	-1,05	-,23
	Basmati	-,818	,000	-1,17	-,47
	Agulha vaporizado	-,818	,000	-1,17	-,47
	Carnaroli	-,727	,000	-1,11	-,34
	Thai jasmim	-,818	,000	-1,17	-,47
	OP 1203	-,818	,000	-1,17	-,47
	OP 1212	-,545	,003	-,98	-,12
Basmati	Agulha vaporizado	,000	.	,00	,00
	OP 1109	,455	,001	,15	,76
	OP 1001	,455	,001	,15	,76
	OP 1212	,273	,050	,00	,55
Agulha vaporizado	OP 1109	,455	,001	,15	,76
	OP 1001	,455	,001	,15	,76
	OP 1212	,273	,050	,00	,55
Carnaroli	OP 1109	,364	,029	,02	,71
	OP 1001	,364	,029	,02	,71
Thai jasmim	OP 1109	,455	,001	,15	,76
	OP 1001	,455	,001	,15	,76
	OP 1212	,273	,050	,00	,55
OP 1109	OP 1203	-,455	,001	-,76	-,15
OP 1203	OP 1001	,455	,001	,15	,76
	OP 1212	,273	,050	,00	,55

Influência da variedade do arroz no seu comportamento em cozedura
e processamento industrial

Tabela 54 - Diferenças estatisticamente significativas entre as variedades de arroz, relativamente à apreciação global.

(I) Variedade	(J) Variedade	Média amostral (I-J)	P	IC(95%)	
				LI	LS
Agulha (Guiana)	Basmati	-1,000	,000	-1,32	-,68
	Thai jasmim	-,727	,001	-1,25	-,21
	OP 1109	,455	,004	,09	,82
	OP 1001	-,818	,001	-1,40	-,24
Agulha (Europeu)	Basmati	-,818	,000	-1,32	-,32
	OP 1109	,636	,006	,11	1,16
Carolino	Basmati	-,727	,000	-1,19	-,27
	OP 1109	,727	,000	,24	1,21
Basmati	Agulha vaporizado	,727	,001	,20	1,25
	Carnaroli	,727	,000	,27	1,19
	OP 1109	1,455	,000	1,09	1,82
	OP 1203	1,182	,000	,82	1,55
	OP 1212	,636	,002	,15	1,12
Agulha vaporizado	OP 1109	,727	,002	,18	1,28
Carnaroli	OP 1109	,727	,000	,24	1,21
Thai jasmim	OP 1109	1,182	,000	,64	1,73
	OP 1203	,909	,000	,36	1,45
OP 1109	OP 1001	-1,273	,000	-1,87	-,67
	OP 1212	-,818	,000	-1,33	-,31
OP 1203	OP 1001	-1,000	,000	-1,60	-,40
	OP 1212	-,545	,027	-1,06	-,03